

Klaus

INTER - AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Bulletin — Boletín

Vol. 1, No. 6

**STUDIES OF THE SEXUAL DEVELOPMENT AND SPAWNING OF
YELLOWFIN TUNA (*NEOTHUNNUS MACROPTERUS*) AND SKIP-
JACK (*KATSUWONUS PELAMIS*) IN THREE AREAS OF THE
EASTERN PACIFIC OCEAN, BY EXAMINATION OF GONADS.**

**ESTUDIOS, MEDIANTE EL EXAMEN DE GONADAS, DEL
DESARROLLO SEXUAL Y DESOVE DEL ATUN ALETA
AMARILLA (*NEOTHUNNUS MACROPTERUS*) Y DEL
BARRILETE (*KATSUWONUS PELAMIS*), EN TRES
REGIONES DEL PACIFICO ORIENTAL.**

by — por

MILNER B. SCHAEFER and - y CRAIG J. ORANGE

La Jolla, California

1956

Klawe

INTER - AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Bulletin — Boletin

Vol. 1, No. 6

**STUDIES OF THE SEXUAL DEVELOPMENT AND SPAWNING OF
YELLOWFIN TUNA (*NEOTHUNNUS MACROPTERUS*) AND SKIP-
JACK (*KATSUWONUS PELAMIS*) IN THREE AREAS OF THE
EASTERN PACIFIC OCEAN, BY EXAMINATION OF GONADS.**

**ESTUDIOS, MEDIANTE EL EXAMEN DE GONADAS, DEL
DESARROLLO SEXUAL Y DESOVE DEL ATUN ALETA
AMARILLA (*NEOTHUNNUS MACROPTERUS*) Y DEL
BARRILETE (*KATSUWONUS PELAMIS*), EN TRES
REGIONES DEL PACIFICO ORIENTAL.**

by — por

MILNER B. SCHAEFER and - y CRAIG J. ORANGE

La Jolla, California

1956

CONTENTS — INDICE

ENGLISH VERSION — VERSION EN INGLES

Introduction.....	283
Methods and procedures.....	285
Sampling of specimens.....	285
Examination of gonads.....	286
Sampling, preservation, and measurement of ova.....	287
Comparison of effects of Gilson's fluid and formalin on ova diameters.....	288
Size of ova at full maturity.....	288
Results of determinations of stage of maturity by gross examination.....	290
Yellowfin tuna.....	290
Skipjack.....	292
Relationships among fish size, gonad weight, and size of ovarian eggs.....	294
Yellowfin tuna.....	295
Skipjack.....	297
Results of consideration of gonad index data.....	299
Yellowfin tuna.....	299
Skipjack.....	300
Sex ratios.....	301
Yellowfin tuna.....	301
Skipjack.....	305

FIGURES — ILUSTRACIONES.....	307
------------------------------	-----

SPANISH VERSION — VERSION EN ESPAÑOL

Introducción.....	321
Métodos y procedimientos.....	323
Muestreo de especímenes.....	323
Examen de gónadas.....	324
Muestreo, preservación y medición de huevos.....	325
Comparación de los efectos de la solución Gilson y la formalina en el diámetro de los huevos.....	326
Tamaño de los huevos completamente maduros.....	327
Resultados de las determinaciones del estado de madurez mediante exámenes macroscópicos.....	329
Atún aleta amarilla.....	329
Barrilete.....	331
Relaciones entre el tamaño del pescado, el peso de las gónadas y el tamaño de los huevos en el ovario.....	334
Atún aleta amarilla.....	335
Barrilete.....	337
Resultados del estudio del índice de gónada.....	339
Atún aleta amarilla.....	340
Barrilete.....	341
Proporciones numéricas entre sexos.....	342
Atún aleta amarilla.....	342
Barrilete.....	346

LITERATURE CITED — BIBLIOGRAFIA CITADA.....	348
---	-----

STUDIES OF THE SEXUAL DEVELOPMENT AND SPAWNING OF
YELLOWFIN TUNA (*NEOTHUNNUS MACROPTERUS*) AND SKIPJACK
(*KATSUWONUS PELAMIS*) IN THREE AREAS OF THE EASTERN
PACIFIC OCEAN, BY EXAMINATION OF GONADS

by

Milner B. Schaefer and Craig J. Orange

INTRODUCTION

Knowledge of the size and age at maturity, spawning seasons, and spawning areas of the tropical tunas supporting the fishery in the Eastern Pacific is an important part of the basic information required for understanding their life history, population structure, and fishery dynamics. Until a few years ago nothing was known of these matters. In 1947 the senior author and one of his colleagues (Schaefer and Marr 1948, Schaefer 1948) were able to demonstrate that both yellowfin tuna and skipjack spawn offshore from Central America at least during the late winter and spring months. During January to April many yellowfin tuna over about 70 cm. total length in commercial catches from that region were found to have gonads in advanced stages of maturity, and specimens caught during late June were found to be spent. Maturing skipjack were collected in late February, and spawned-out fish were observed in late March. Numerous very young juveniles of the yellowfin, down to 10 mm. in length, and two very young juvenile skipjack, were captured in this area between January and May.

Mead (1951) has also subsequently recorded the capture of postlarval *Neothunnus* off Central America, some distance to the north of Schaefer and Marr's collections, during May 1949.

In recent years, information respecting spawning of these species in other parts of the Pacific has been provided by several researchers. From examination of gonads of *K. pelamis* in the vicinity of Palau, Matsui (1942) inferred that this species spawned there. From examination of gonads of specimens of both yellowfin and skipjack in waters of the Northern Marshall Islands, Marr (1948) obtained evidence of spawning, and he obtained very young juvenile *Katsuwonus* from the stomach of an adult of the same species. Wade (1950, 1951) has shown, by examination of gonads, and by the capture of larval stages in plankton hauls, that both yellowfin and skip-

jack spawn in the vicinity of the Phillippine Islands throughout all or most of the year. Shimada (1951a) found evidence of spawning yellowfin tuna, as well as bigeye tuna (*Parathunnus sibi*), from the examination of gonads of specimens caught by Japanese commercial longline fishing near the equator between 141° and 157° E. longitude. He also found juveniles of both *Neothunnus* and *Katsuwonus* in the stomachs of large, longline-caught tunas in the same area. Very young juvenile *Katsuwonus* have also been taken near the Phoenix Islands (Shimada 1951b).

June (1953), by systematic examination of gonads of yellowfin tuna caught through the year near the Hawaiian Islands, has shown that this species spawns there from the middle of May to the end of October. Brock (1954), by systematic study of gonads of skipjack from this same region, has also demonstrated the spawning of that species from late February to the first part of September.

The Pacific Oceanic Fishery Investigations (1953) have captured larvae of yellowfin and other tunas in plankton tows over an extensive sea area, from 8° south latitude to 20° north latitude and 150° to 170° west longitude.

It appears from these researches that the tropical tunas spawn in many parts of the Pacific and that, characteristically, the spawning season is very extended. It may be expected, therefore, that the elucidation of the spawning of the yellowfin and skipjack tunas in the Eastern Pacific will require extensive studies carried on in a systematic fashion.

In order to provide more precise information on the maturation and spawning of the yellowfin and skipjack tunas in the region which is the concern of the Inter-American Tropical Tuna Commission, there was commenced in December 1953 a systematic study of the gonads of specimens landed by the fishing fleet. The initial investigations, upon which this report is based, were confined to the study of specimens from three areas shown on the accompanying chart, Figure 1. Area I is primarily the region of the fishery along the coast of Baja California and into the Gulf of California, the so-called "local grounds." Area II encompasses the waters in the vicinity of the Revilla Gigedo Islands, lying offshore and to the south of Baja California. Area III includes the fishing area off Central America, which produces catches throughout the year, and where spawning of these species had previously been indicated, as noted above.

The investigations reported on here had two objectives: (1) To investigate the spawning of the yellowfin and skipjack tunas in these three areas by means of the evidence of the development of gonads of specimens in the commercial catch, and (2) to investigate methods of determining rapidly and objectively the state of maturity of the gonads of these species, in order to provide a basis of more extensive and more efficient subsequent investigations in these and other areas.

METHODS AND PROCEDURES

Sampling of specimens

Specimens were obtained from the catches of commercial fishing vessels at the time of unloading at canneries at Terminal Island, California. The fish are frozen soon after capture in compartments in the hold called "wells," and are thawed at the time of unloading. The fish may be held frozen aboard the vessels from a few weeks to three months, or more in some instances.

Masters of the fishing vessels usually enter in their logs the date of capture, location, and the well in which a given catch is stowed. In some instances, of course, fish from several localities may be stowed in the same well, in which case the area of capture of particular specimens cannot be ascertained. For our study, specimens were examined only when each fish could be identified as to locality of capture and month of capture. From batches of fish for which the date of capture and locality of capture could be determined, specimens were drawn in the cannery either at the butchering table, or in transit between the vessel and the butchering table.

The plan was to obtain up to 50 female specimens of each species for each month of capture for each geographical area selected for study. Originally, there were only two sampling areas in the plan, a "northern" area encompassing both Areas I and II of Figure 1, and a "southern" area, Area III of Figure 1. Subsequent examination of the data indicated, however, that the development of gonads of both tuna species was different for specimens taken in the vicinity of the Revilla Gigedo Islands than for specimens taken inshore along Baja California, in consequence of which the "northern" area was subdivided, as shown in the figure, in subsequent analysis of the data.

Specimens were *not* drawn at random with respect to size. In order to obtain as wide a representation of sizes as practicable for each month and area, specimens were selected on the basis of total length to cover the full range of sizes in the catch. Large fish, which are scarce in the landings, are, therefore, relatively more abundant in the samples than in the landings.

It is not possible to determine the sex of tunas from external characters. Specimens were selected and the body cavity opened to determine the sex. The total length of the fish (the distance from the tip of the snout, with jaws closed, to the cartilaginous median part of the caudal fork—Marr and Schaefer (1949), and the sex were recorded for each specimen. For some sexually very immature specimens the sex cannot be determined by gross examination; these were separately recorded. This sampling was continued until 50 recognizably female specimens were obtained for a given month of capture and sampling area. When it was possible to obtain specimens from several different vessels, for a given month and area, the

sampling was spread over several vessels in order to attempt to obtain a set of samples more nearly representative of the population than might be obtained if all specimens were taken from a single vessel. In some month-area categories the full 50 female specimens were not obtainable.

Subsequent studies of ova development were based on the gonads of females. The occurrence of males was considered only in respect to determination of sex ratios.

Examination of gonads

Pairs of gonads from female specimens were carefully removed from the fish at the cannery and placed in individual, numbered plastic bags and brought to the Commission's nearby laboratory on Terminal Island for further examination.

After the gonads had thawed sufficiently for detailed study, they were weighed on a beam balance to 0.1 gram and the stage of maturity by gross examination recorded. "Gross stages" of maturity were recorded by the following categories:

- Stage 1-S* The gonads are small and ribbon-like. At this stage it is not possible to determine the sex by gross examination. Presumably these are virgin fish that have never yet reached sexual maturity.
- Stage 1* Immature; the gonads are elongated, slender, but the sex is determinable by gross examination.
- Stage 2* Maturing; the gonads are enlarged, but the individual ova are not visible to the naked eye.
- Stage 3* Maturing; the gonads are enlarged and turgid; individual developing ova are visible to the naked eye.
- Stage 4* Ripe; the ovary is enlarged; the ova are translucent, easily dislodged from the follicles, or loose in the lumen of the ovary; the ova may often be extruded from the fish by external pressure. No specimens in this stage were encountered in the present study.
- Stage 5* Spawned; remnants of ripe ova in the lumen of the ovary, or among the folds of the ovary, often discovered only by microscopic examination. Ovaries in stage 5 are often enlarged, hollow, and flacid, but when spawning is not very recent, they may be, except for occurrence of remnants of mature ova, identical with specimens in stage 2 or stage 3.

Difficulty was experienced in assigning ovaries to stages three or five. In several instances, gonads were found with quite advanced maturing ova,

but also with a very few of larger size that were partially reabsorbed, which are presumed to be remnants from a previous spawning. Ovaries of this sort were classified as stage 5. Several specimens were also encountered which would have been placed in stage two or early stage three except for the presence of remnants of mature ova revealed by examination with a dissecting microscope. No distinction was made in the records between those cases where the remnant eggs were very little degenerated and those cases where reabsorption was very advanced. Therefore, our stage 5 includes both fish recently spawned and fish which had spawned in the more remote past. It will be valuable in future studies to distinguish between these cases.

Ovaries in stage three represent a rather wide range of ova development. Often the ovary, externally, appears identical to stage two, but upon cutting it open the developing ova are clearly visible to the naked eye. Among the most advanced stage three ovaries are some with a few of the large ova becoming translucent but still firmly embedded in the ovarian tissue.

Sampling, preservation, and measurement of ova

From every fifth female, in order of occurrence in the samples as drawn in the cannery, was taken a sample of the gonad for measurement of ova-diameters. The sample was a section of the ovarian tissues of about 1 to 2 grams cut from the center portion of the left ovary. June (1953) and Yuen (1955) have shown that there is no difference in ova-diameter frequencies in different portions of the same ovary.

The piece of ovarian tissues was cut away from the ovary wall to hasten digestion and placed in a one-ounce, screw-top bottle about $\frac{3}{4}$ full of Gilson's fluid (Simpson 1951). These were then held in the laboratory until the connective tissues had digested, leaving the ova free. Thorough shaking of the bottles speeds the process, the time required varying with the maturity of the ova. The more advanced gonads digest more rapidly than the less advanced. From one to four or five months are required for the process to be complete.

When the ova had become free from the tissues in which they were embedded, a random sample of the contents of a bottle was taken up with a pipette and a few drops spread evenly over a microscope slide. The slide was held in a mechanical stage of a dissecting microscope, and diameters of ova in representative fields were measured by means of an ocular micrometer. With the optical system used, one micrometer division corresponded to 0.0167 mm. Diameters of ova (which are not perfectly spherical) were measured along whatever axis fell parallel to the scale of the ocular micrometer. No ova of diameters less than 5 units, or 0.08 mm., were measured.

When an ovary contained some ova over 9 micrometer units (0.15 mm.) in diameter, a sample of approximately three hundred was measured. For ovaries containing only ova less than 9 micrometer units in diameter, a sample of about 100 was sufficient to characterize the distribution of sizes. In a few very immature ovaries, only a few or no ova were as large as five micrometer units, in which case two or three slides were completely scanned and all ova over the minimum size were measured.

Comparison of effects of Gilson's fluid and formalin on ova-diameters

June (1953), Yuen (1955), and other researchers studying development of ovarian eggs of tunas have preserved the gonad samples in formalin. Gilson's fluid is superior, because the eggs come free from the remaining tissues, eliminating the tedious task of teasing the ova free with dissecting needles. In comparing our data with those of such other authors, there arises the question of the effects of the two preservatives on the average ova-diameters.

In order to investigate this matter, nine samples of tuna gonads in various stages of development, five from yellowfin tuna and four from skipjack, were preserved in duplicate in Gilson's fluid and formalin. The mean percentage frequency distribution of ova-diameters from the nine samples in the two preservatives are tabulated in Table 1 and graphed in Figure 2. It appears obvious that, on the average, the mean diameter-frequencies in the two preservatives are quite similar and that, therefore, there is no obvious differential effect of the two preservatives on the relative frequencies of ova diameters, at least for ova of this range of diameters.

Size of ova at full maturity

No running-ripe specimens were encountered in our sampling. However, one yellowfin of 1443 millimeters length taken at Roca Partida (in Area II) was apparently just completing its spawning, because about a quarter cup of fully mature eggs were lying free in the anterior portion of the ovary. The posterior portion had a few mature eggs lying free among the folds of the ovarian tissue. After preservation in Gilson's fluid for one month, these mature ova had a mean diameter of 0.75 mm., ranging from 0.67 to 0.83 mm. After three months, the mean size was 0.74 mm., with a range from 0.65 to 0.92 mm. Evidently there is no continued change in diameters of mature ova with increased time of storage in Gilson's fluid between one and three months. Several mature ova from this specimen were also measured fresh. Unfortunately, the measurements were not recorded but the junior author's recollection is that they ranged from 0.9 to 1.2 mm. in diameter. There may, therefore, be some shrinkage of mature ova during preservation in Gilson's fluid.

Remnant mature ova from gonads of stage 5 specimens having rem-

TABLE 1. Percent frequency distributions of ova diameters from nine gonad samples preserved in Gilson's fluid and in formalin.

Ova diameter (micrometer units)	Gilson's fluid	Formalin	Ova diameter (micrometer units)	Gilson's fluid	Formalin
5	42.3	42.4	35	0.3	0.8
6	13.2	16.9	36	0.2	0.5
7	5.1	6.9	37	0.2	0.4
8	3.0	2.4	38	0.1	0.2
9	1.7	1.5	39	0.1	0.1
10	2.5	1.1	40		0.1
11	.9	1.2	41		
12	.8	1.1	42	0.1	
13	.8	1.0	43		
14	.7	1.0	44		
15	1.1	0.7	45		
16	.8	0.7	46		
17	1.0	0.8	47	0.1	
18	.9	0.8	48	0.1	
19	1.1	0.8	49		
20	1.4	1.1	50		
21	1.4	1.3	51		
22	1.3	0.6	52		
23	1.4	0.8	53		
24	2.1	1.0	54		0.1
25	2.0	1.2	55		
26	1.9	1.1	56		
27	1.3	1.0	57		
28	1.9	1.2	58		
29	2.0	1.3	59		
30	1.8	1.8	60		
31	1.4	1.5	61		
32	1.4	1.8	62		
33	0.9	0.9	63		0.1
34	0.5	1.3			

nants which appeared to be little reabsorbed range from 0.83 to 1.17 mm. diameter, most of them being between 0.9 and 1.0 mm. in diameter, measured before preservation.

These data are in agreement with observations of June (1953) on a running ripe yellowfin from Hawaiian waters which was found to have mature ova averaging 1.0 mm. diameter, with a range from about 0.8 to 1.2 mm.

Other species of Pacific tunas have ova of nearly this same size. Kikawa (1953) reports ripe ova from bigeye tuna (*Parathunnus mebachi*) in the Western Pacific to be about 1 mm. in diameter, after holding in sea water for several hours. Yuen (1955) indicates mature ova of this same species from the Central Equatorial Pacific south of Hawaii to be between 0.88 and 1.1 mm. Brock (1954) reports that for Hawaiian skipjack "fully mature ova are over 1 mm. in diameter." Ova from a single fully mature specimen were reported by him to average 1.125 mm. diameter. These were presumably, measured fresh.

After completion of this report, we obtained an 857 mm. yellowfin tuna taken on Uncle Sam Bank (in Area I) in early October 1955 which was a

spent female, but due to an abnormal constriction of the right ovary, retained a large number of remnant eggs in the anterior portion thereof. These eggs appeared to be remnants of quite recent spawning with no reabsorption. Measurements of diameters of 106 of these ranged from 0.81 mm. to 1.24 mm. with a mean of 1.00 mm. Measurements of 103 eggs after one week preservation in Gilson's fluid ranged from 0.60 mm. to 0.82 mm. with a mean of 0.76 mm.

RESULTS OF DETERMINATIONS OF STAGE OF MATURITY BY GROSS EXAMINATION

Yellowfin tuna

Area I

Samples of catches of yellowfin tuna were obtained from Area I during the months March 1954 through December 1954. In Figure 3 are shown the lengths of the specimens in the samples, and their stages of maturity determined by gross examination, according to the arbitrary scale described on page 286.

Most of the specimens from this area were relatively small fish, less than a meter in length, in spite of the fact that, as noted before, sampling was purposely selective to obtain samples of all sizes of fish in the landings. Large yellowfin tuna simply did not occur, except very infrequently, in the landings from this area. Indeed, it is evident from the figure that the greater part of the landings consisted of two size groups, presumably representing age classes. Despite the purposely selective nature of the sampling, which tends to eliminate modes, the occurrence and progression of the modal lengths corresponding to these two groups is clearly evident. The older of the two groups appears in the March samples at a modal length of about 70 cm. and may be readily followed through November, by which time it has reached a modal length of about 88 cm. The other group, apparently one year younger, appears as a clear mode in the samples in June at a modal size of about 53 cm. and can be followed through November or December, at which time the modal size is in the vicinity of 65 cm.

If we assume that occurrence of fish of stage 3, where the ova in the gonads are visible without the aid of magnifying apparatus, is an indication of approaching maturity, it appears that none of the members of this species mature sexually, in this area at least, below a length of 66 cm. Two stage three gonads were obtained from fish of this size in May and one apparently spent specimen (stage 5) was taken in December. Above 70 cm. there frequently occurred specimens in stages 3 and 5. No specimens in stage 4 were taken in this series of samples.

Conversely, fish in stage 1-S, which probably represent virgin fish which have never spawned, constitute the majority of specimens in the youngest size group, and an appreciable share of the fish in the next older size group are also in this stage. A few specimens of even larger sizes in stage 1-S appear in the same samples.

It would appear that the size at first maturity is in the vicinity of 66 cm. and that even up to 90 or 100 cm. not all specimens reach maturity.

It may also be seen from this figure that among the fish over 66 cm., those in stages 3 to 5 occur most frequently from May through September, although some were found in other months.

Area II

From Area II, the Revilla Gigedo Islands, samples were procured from December 1953 through February 1955. In December 1953, however, only very small fish less than 62 cm. were obtained. The sizes of the specimens and their stages of maturity determined by gross examination are shown in Figure 4.

In this offshore area, there occurred in the commercial catch yellowfin tuna of a greater range of sizes than in the inshore region adjacent to Baja California. Specimens over a meter in length were, as may be seen from the figure, obtained among the samples in most months. Because a large range of sizes was available for sampling, the purposely selective nature of the sampling precludes the identification of modal size groups in this series of samples. It may be noted in passing that a separate, representative sampling for size composition is being conducted in these same areas, and in others, for studying age and growth by following modal size groups.

Here, again, the smallest fish having gonads in stage 3 at any time were 66 cm. in length, which may be taken as an estimate of the minimum size at maturity. Appreciable numbers of specimens in stage 1-S were encountered among fish below 80 cm., and occasional specimens in this stage were found among larger specimens. It may be observed that in both Areas I and II (and also, as will be shown, in Area III) among the larger yellowfin tuna above about 90 cm., specimens in stages 1-S and 1 are very rarely encountered. It appears that gonads in a resting stage between spawnings are represented by stage 2.

Among the samples of yellowfin tuna from Area II, gonads in stage 3, which may be taken as indicative of approaching spawning, and in stage 5, which is believed to represent spawning in the past, occurred in a considerable share of the specimens examined from May to November, with only occasional specimens in these stages earlier in the year. In December 1954 an appreciable share of the specimens examined were in stage 5, and none in stage 3.

Area III

In Area III, off Central America, some fishing is conducted in every month of the year, so that it was possible to obtain samples of yellowfin tuna for each month from December 1953 through January 1955, plus October 1953. The size-composition of the fish in these samples, and the stages of maturity determined by gross examination of the gonads, are shown in Figure 5. Specimens up to 1200 mm. total length were available for sampling during most months, and even larger specimens were obtained during some periods. Here again, as in Area II, the availability of a large range of sizes, and the selective nature of the sampling with respect to size, precludes any interpretation of the occurrence of modes in the size frequencies of the samples.

Specimens in stage 3, which are believed to be indicative of approaching maturity, occurred occasionally in December, February, and March at sizes between 50 and 60 cm. Above 60 cm., specimens in this stage are frequently encountered at some times of the year. Specimens in stage 1-S, which may represent virgin fish, occur frequently up to about 70 cm., and occasionally up to 90 cm. It would, therefore, appear that yellowfin tuna in this region tend to mature at somewhat smaller sizes than in the more northerly regions investigated, the minimum size at first maturity being in the vicinity of 50 cm., and an appreciable share becoming sexually mature at sizes above about 60 cm. Since no specimens were encountered in stages 1 and 1-S above a length of 94 cm., it is probable that all fish are sexually mature above this size in this region.

Some specimens with obviously developing gonads (stage 3) or which appear to have spawned at least one batch of eggs (stage 5) are encountered in every month of the year.

Skipjack

Area I

Samples of skipjack for this study were obtained from Area I only from June 1954 through November 1954. This is the season when fishing is most productive in this region. In some years skipjack are taken there in fair numbers earlier in the year, but during the spring of 1954 it was not possible to sample at Terminal Island landings of identifiable origin from this region prior to June.

The length-compositions of the samples are shown in Figure 6, together with the stages of development of the gonads determined by gross examination. It may be seen from this figure that the specimens available were nearly all rather small fish, very few specimens over 60 cm. in length being encountered. This is in contrast to the offshore Area II, and the waters off Central America (Area III) where specimens of sizes over 60 cm. were frequent in the samples during many months (Figures 7 and 8).

Specimens with eggs visible to the eye (stage 3) or which appeared to have already spawned at least one batch of eggs (stage 5), were relatively rare in samples from this area. It seems likely, therefore, that little or no spawning of skipjack occurred in this region, at least during the period for which we have samples.

The lack of evidence of spawning among the specimens examined may be because most skipjack of these sizes are not yet mature. It may be noted that a high proportion of specimens in stage 1-S were found in all sizes available from this area.

The smallest specimens of stages 3 or 5 were of lengths in the vicinity of 50 cm.

Area II

Samples of skipjack from the Revilla Gigedo Islands were obtained from December 1953 through December 1954. No samples were obtained for June, July, August and October, and only a few specimens for September. During those months most of the fleet was fishing on the inshore areas near Baja California, although some fishing was being done near the Islands, which produced samples of only yellowfin tuna in June and July (Figure 4). The size-composition and stages of maturity, from gross examination of gonads, of samples of skipjack from the Islands are depicted in Figure 7.

It may be seen that these samples contained skipjack of larger sizes than the samples from the inshore regions near Baja California, and that the majority of specimens in advanced stages of maturity (stages 3 to 5) occurred among these larger sizes. The smallest specimen in stages 3 to 5 in these Revilla Gigedo Islands samples was 56 cm. long. Below about 55 cm., a large share of the skipjack from here were in stage 1-S, which may represent virgin fish, and some specimens in this stage were encountered up to about 65 cm. It appears from these samples and the samples from Area I that in the northern part of their range the minimum size at maturity is near 55 cm., and that a large share of individuals do not mature below 60 cm.

Although a few specimens in stage 3 were sampled in January 1954, it was not until April 1954 that any large quantity were observed. Specimens in stages 3 and 5 are relatively numerous among fish over about 57 cm. length in the September, November and December samples. It is unfortunate that no samples were available during the mid-summer months, because the existing data suggest the main spawning period of the skipjack here may be from about April through December.

Area III

Tuna fishing is conducted to some extent in this area throughout the

year, so we were able to obtain samples of skipjack from here for each month from December 1953 through January 1955. The lengths of the specimens in the samples and their stages of maturity determined by gross examination of gonads are shown in Figure 8. Specimens up to about 65 cm. in length were included in the samples of each month.

Specimens in stages 1-S and 1 are frequent up to about 55 cm., and some specimens in these stages occur up to over 60 cm. The smallest fish in stage 3 are 50 cm. long, and specimens in this stage are not numerous below 55 or 60 cm.

Comparing Figure 8 with Figure 7, it appears that skipjack tend to mature at a slightly smaller size in the more tropical area.

From the occurrence of fish in stages 3 and 5, it would appear that some specimens are maturing, or have recently spawned, throughout the year. Specimens in these stages were relatively most numerous, however, in February, March and April 1954 and January 1955. This may indicate that the main spawning season for this species near Central America is during the late winter and early spring of the northern hemisphere.

It is of passing interest to note that the size frequencies of Figure 8 provide some indication of the rate of growth of this species. Although sampling was purposely selective to obtain some specimens of all sizes occurring in the landings, rather than to be a representative sample of sizes captured, there appears a rather clear modal size class in this series of samples, which progresses from about 50 cm. in February 1954 to about 62 cm. in January 1955, indicating a growth of about 12 cm. per year for this group of skipjack.

RELATIONSHIPS AMONG FISH SIZE, GONAD WEIGHT, AND SIZE OF OVARIAN EGGS

Determination of degree of maturity by gross examination of gonads, lacks a good deal of precision. Distinction between stage 2 and stage 3, depending on the visibility of ova to the naked eye, will vary with observers and with the physical condition of the gonads after freezing and thawing. Stage 3 includes a very large part of the period of the development of the gonad, since ovarian eggs may begin to be visible at about 0.12 mm. diameter. It is, therefore, desirable to employ a more precise and objective method of determining stage of maturity of the gonads.

Perhaps the most precise method of characterizing the stage of maturity is to measure the diameters of a large number of ova from the gonads of each specimen. This method has, for example, been used by Brock (1954) in studying the spawning of *Katsuwonus pelamis* near Hawaii. This method, however, requires a great deal of time, hence it seems desirable, if possible,

to employ some less laborious procedure. We have, therefore, investigated the possibility of estimating the size of the maturing ovarian eggs, and therefore the degree of maturity, from the size of the fish and the size of the gonads.

For this study, from every fifth female of each species encountered in the sampling, there was taken a sample of the gonad which was preserved in Gilson's fluid and from which the diameters of a large number of ova were measured. The total length of each of these fish and the weight of the gonads was also recorded. Details of methods have previously been described (page 287).

The frequency distributions of ova-diameters in maturing specimens of the yellowfin and skipjack tuna are, as may be seen from Figures 1, 2 and 3 of June (1953) and Figure 4 of Brock (1954), such that definition of the position of the mode of the developing group of eggs is difficult. Rather than attempting to determine the modal size, as was done by June (1953) and Yuen (1955), we have employed the position of the 95th centile of the total frequency distribution to characterize the size of the most advanced group of ova. This consists simply of determining the size-class interval, in micrometer units, within which falls the boundary of the upper five percent of the ova measured. (1 micrometer unit equals 0.0167 mm.)

The relation between fish length, gonad weight, and size of ova (position of the 95th centile) may be treated as a regression problem in three variables. However, it is simpler, if successful, to combine the fish length and gonad weight, and treat it as a problem in only two variables. This depends upon being able to discover a function of fish length and gonad weight the relationship of which to ova diameter is independent of the fish length. For this purpose we have investigated the relation between the ova diameter and "gonad index"

$$\text{G.I.} = \frac{w}{L^3} \times 10^8$$

where G.I. = gonad index

w = weight of both ovaries, in grams

L = total length of fish in millimeters.

Since for the tunas the weight is very nearly proportional to the cube of the length, this index is very nearly proportional to the "relative ovary weight" of Yuen (1955) which is the weight of the gonads divided by the weight of the fish. Kikawa (1953), studying *Parathunnus mebachi*, has employed the same gonad index as we have, although his units differ from ours by a factor of 10^2 .

Yellowfin tuna

For this study we obtained data from 261 yellowfin tuna, of which 76 were from Area I, 50 from Area II, and 135 from Area III. Analysis of

covariance of the regressions of ova diameter on gonad index indicated:

1) Comparing the regressions for different size-ranges of fish (under 600 mm. total length, 600-899 mm. total length, and 900 mm. and over total length) there are no significant differences among different length groups, judged at the 5% level of significance. It appears, therefore, that we have no evidence that the relationship of ova diameter to gonad index varies with the size of fish over the range of sizes in this study. We may then consider the factor of variable size of fish to be suitably taken care of by the use of the "gonad index" and deal with the two-variable relationship of gonad index and ova-diameter.

2) Comparing the regressions for different areas, there was a significant difference, at the one percent probability level, among areas. There was, however, no significant difference between Areas I and II, the difference among areas being due to the difference of fish from the Central American region (Area III) and those off Mexico (Areas I and II). The slopes of the regression lines for the two regions (Figure 9) were not significantly different, the differences being due to the levels of the lines. Fish from off Central America had, on the average, somewhat larger ova for the same gonad index than fish off Mexico.

In Figure 9 are plotted, for each of the regions, charts showing the gonad index and the position of the 95th centile of the ova diameter frequency distribution for each specimen, as well as the stage of maturity by gross examination. On each chart is also drawn the mean square linear regression of ova diameter on gonad index.

It may be seen that the ova diameter may be estimated from the gonad index, but the standard error of estimate is fairly large. It amounts to 3.10 micrometer divisions (0.052 mm.) for Areas I and II and to 3.88 micrometer units (0.065 mm.) for Area III. This is about the same variability as indicated for estimation of modal ova diameter from gonad index by Yuen's (1955) Figure 5 for *Parathunnus sibi*.

It is apparent from Figure 9 that fish in stages 1 and 2 of the scale adopted for results of gross examination include specimens with gonad indices up to about 15, although occasional specimens with higher indices are assigned to stage 2. Stage 3 commences to be assigned at a gonad index of 8. It is evident that, because of the wide range of index values (and ova diameters) included in stage 3, the gross stage of maturity may be of limited value for indicating nearness to spawning. It appears that the gonad index is more useful in this respect, and is sufficiently well related to the diameters of the maturing ova to give a useful means of statistically detecting approaching spawning with rapidity and reliability.

Specimens in stage 5, having remnants of ripe eggs from a previous spawning, may be encountered over a wide range of gonad index values.

It is, therefore, necessary to examine the ovaries for remnants of eggs if past spawning is to be detected.

It is noteworthy that among all the specimens for which ova measurements were made, the most advanced ova encountered were yet somewhat smaller than the size at spawning which, judging from the diameters of remnant mature ova (see page 290) preserved in Gilson's fluid, is in the vicinity of 0.75 mm. in diameter. The 95th centiles of ova diameter frequency distributions for the most advanced yellowfin tuna in our samples are in the neighborhood of 0.5 to 0.6 mm.

Apparently, when the yellowfin tuna imminently approach spawning, they become unavailable to the fishery. This has previously been noted by Schaefer (1948) for yellowfin tuna and skipjack off Central America. This may be due to the fish moving offshore or into deeper water to spawn, or it may be due to the schools breaking up, or ceasing to feed. A similar phenomenon was observed by June (1953) among longline-caught yellowfin near the Hawaiian Islands, although he did obtain some specimens in more advanced stages of maturity than any in our collections.

Skipjack

From Area I, we obtained ova diameter measurements on 55 specimens of skipjack. However, these were nearly all small fish, only one specimen being over 600 mm. in total length. From Area II, 57 specimens were obtained for this study, of which 25 were less than 600 mm. total length and 32 over that size. From Area III we have 133 specimens, 95 below 600 mm. total length and 38 over 600 mm. total length.

Comparing the regressions of ova diameter on gonad index for fish below and above 600 mm. total length from Areas II and III, by covariance analysis, it was found that there was no significant difference between size groups of fish at the one percent probability level, although for Area II the difference between size groups was barely significant at the 5% probability level. Here, again, it appears that the factor of fish size is suitably taken care of by the gonad index and that we may, therefore, deal with the two-variable relationship of ova-diameter and gonad index.

In the top panel of Figure 10 are plotted the gonad index values and the positions of the 95th centiles of the ova diameter frequency distributions of individual specimens from Area I. The small skipjack from this area were all in early stages of ova development, the 95th centile of ova diameters being in every case less than 0.15 mm. Six specimens had remnants of ova from previous spawning, but their gonads had otherwise returned, apparently, to the resting stage.

From Area II, the vicinity of the Revilla Gigedo Islands, specimens in a wide range of degree of ova development were obtained, and from Area

III, off Central America, were obtained some specimens with moderately developed gonads, although none as advanced as some from Revilla Gigedo Islands.

In the second and third panels of Figure 10 are plotted, for the skipjack specimens from Areas II and III, respectively, the gonad index and position of the 95th centile of ova-diameters, together with the stage of maturity assigned by gross examination. On each of these graphs is also shown the linear mean square regression line of ova diameter on gonad index. It appears, particularly from the Area II data, that the gonad index provides a useful estimate of ova size, although here again the standard errors of estimate are not small, being 3.02 micrometer units (0.050 mm.) for Area II and 3.37 micrometer units (0.056 mm.) for Area III. This is about the same error of estimate as for yellowfin tuna (page 296).

Analysis of covariance indicates that for Areas II and III the regression coefficients (slopes of regression lines) are significantly different, at the one percent probability level. This, however, may not represent any biological difference in the fish from the two areas, because such a difference could arise from the true regression of ova diameter on gonad index not being exactly linear, coupled with the difference in the range of gonad indices in the two samples. Since we did not measure ova below 5 micrometer divisions, the 95th centile of ova diameters is limited to this lower value, which is bound to cause some departure from linearity at the lower end of the regression.

From this figure, it appears that for this species, as for the yellowfin, gross examination stages are not as definitive of degree of maturation of the ovarian ova as the gonad index. Stage 3, in particular, covers a wide range of ova diameters, from about 0.12 mm. up. Fish with remnants of ova from a previous spawning, stage 5, are encountered with a wide range of values of gonad index, so that, in addition to the gonad index, the ovary needs to be examined for egg remnants if past spawning is to be detected.

The most advanced specimens in this series of samples had ova diameters in the vicinity of 0.5 mm. and gonad indices of 25 to 35. A few fish in presumably more advanced stages, judged from the gonad index, were taken in Areas II and III (see Figures 14 and 15) but did not fall in the sub-samples drawn for ova measurements. Brock (1954) studying this species near Hawaii obtained numerous specimens of more advanced gonad development, but here again he noted that "Fully ripe fish were very rare in the landings; such fish are apparently not commonly available to the fishery." It appears that even in the near vicinity of a spawning area, specimens very near to spawning somehow modify their behavior so as to not be captured by the fishing methods employed.

RESULTS OF CONSIDERATION OF GONAD INDEX DATA

From the foregoing, it may be concluded that the gonad index of specimens of yellowfin and skipjack tuna is a reasonably reliable measurement of the degree of development of the ova. The gonad index should, then, be useful in studying the geographical and seasonal distribution of spawning, on the assumption that specimens with high gonad indices will spawn in the near future in the vicinity of their capture. Additional evidence is obtained as to past spawning from the presence of remnants of mature ova in the gonads.

Unfortunately, we have no information on the rate of development of the ovarian ova, nor on the rate of reabsorption of remnants of unspawned mature ova. If the rates are very low, it is possible that gonads with high indices, or gonads with remnants of mature ova, do not represent spawning near to the point of capture in either space or time. This possibility is believed by us, however, to be rather remote.

We have noted earlier that some of the fish taken in the commercial fishery appear to be virgin fish, of sizes so small that they have not reached the adult stage where spawning occurs. Specimens below the size at first maturity should, of course, be eliminated from consideration of evidence of spawning seasons. From the occurrence of gonads in stage 1-S, which are believed to be from virgin fish, it was found that the size at first maturity is not sharply defined for the tunas. It appears, however, from the evidence considered in that section of the paper, that if we employ only specimens of yellowfin tuna from 80 cm. up in Areas I and II, and from 70 cm. up in Area III, we will include very few fish which are virgin and will so remain during the current spawning season. Similarly, for skipjack, it is believed that virgin specimens will seldom be encountered above 60 cm. in Areas I and II, or about 55 cm. in Area III. We have, therefore, chosen these limits for the sizes of fish to be considered in examining the evidence of spawning areas and seasons from the gonad indices.

Yellowfin tuna

In Figures 11, 12 and 13 are shown the frequencies of occurrence of gonad indices, by month of capture, for specimens from Areas I, II and III, respectively. We have also indicated the occurrence of fish in gross stage 5, containing remnants of mature eggs from previous spawning. The data here are from all fish examined, over the specified minimum sizes, from which the specimens for which ova were measured constituted a representative sub-sample. On these figures is also shown the mean gonad index for each month.

Relatively few specimens with high gonad indices were taken at any time in Area I. The few specimens with index values over 20, correspond-

ing to ova in the vicinity of 0.3 mm., occurred in May and September. A number of fish with remnants of mature ova were taken in November. It seems, from these data, that the population which these fish represent may spawn mostly in the summer months. It is quite possible that they do not spawn in the area of capture but some distance away.

In Area II a relatively large share of specimens examined from May to September possessed gonads with high index values, some being probably very near to spawning. Some of these, indeed, appear to have spawned one batch of eggs and to be about to spawn another, as evidenced by a high gonad index and presence of remnants of ova from a previous spawning. In the fall and winter, November-February, considerable numbers of specimens were encountered in stage 5 with low gonad indices. It appears to us that the evidence is fairly convincing that yellowfin tuna spawn in the vicinity of the Revilla Gigedo Islands during the summer months, from May through September at least.

Whereas, in the northern areas, specimens with very advanced gonads were taken only during the summer, Figure 13 indicates that in Area III some fish with high gonad indices are taken pretty well throughout the year. From the relatively greater share of specimens with high gonad indices in February, the occurrence of the highest gonad indices in that month, and the occurrence of spent fish in the summer and fall, it would appear that the peak of spawning occurs in the late winter and spring, although some spawning probably takes place throughout the year.

It is to be noted that the recording of numerous spent fish late in the year and none in the early months is probably not a fair representation of the true situation. The ability to find and recognize egg remnants in the gonads is believed to have improved as the study progressed.

Skipjack

In Area I, as has been noted previously, very few specimens of this species over 600 mm. were captured, and these were all in very early stages of gonad maturation. The highest gonad index value recorded for any specimen was 15, with the 95th centile of ova diameter at 0.13 mm., a sexually undeveloped specimen. There is certainly no evidence from our data of skipjack spawning in this vicinity.

In Figures 14 and 15 are charted the data respecting gonad indices for skipjack, from Areas II and III, by month of capture. Fish with gonads containing remanent mature ova, indicating past spawning, are also shown. The mean gonad index for each month is also shown. Contrary to the situation in Area I, in Area II we obtained fair numbers of specimens in advanced stages of gonad development, as indicated by their gonad indices, such specimens being relatively numerous in April, September, November and December, and having particularly high index values during the two

latter months. Unfortunately, no samples were obtained in June, July and August, and only a meager sample in May. It seems from these data that this species does spawn in the vicinity of the Revilla Gigedo Islands, and that the spawning may be most intense in the summer and fall.

Although sizable samples of specimens were obtained from Area III, off Central America, during each month of the year, only 5 specimens were encountered with gonad indices over 20, corresponding to maturing ova of about 0.2 mm. diameter. The mean gonad index is higher in December to March than the rest of the year, and specimens showing evidence of having spawned were captured from July to November. It is consistent with these data to hypothesize that the skipjack off Central America spawn primarily in the early months of the year, but perhaps not in the immediate vicinity of the commercial fishery.

It may be noted that there is little evidence of skipjack spawning in the vicinity of the fisheries in Areas I and III, whereas, evidence for spawning in the vicinity of the offshore Revilla Gigedo Islands is quite convincing. It is tempting to speculate that this species may move offshore to spawn.

SEX RATIOS

Because the sex of tunas cannot be determined from external characters, it was, as previously described, necessary to select fish for our samples by size only and to open their body cavities to determine the sex. Although the study of gonad development was confined to females only, a record was kept of the total length and sex of every specimen examined. Those in gonad development stage 1-S, for which the sex cannot be determined by gross examination, were recorded separately. From these data it is possible to examine the ratio of sexes by sizes and by seasons in the different geographic areas.

Yellowfin tuna

In Tables 2 and 3 are shown, respectively, for the region near Baja California (Areas I and II) and for the region off Central America (Area III), the numbers of yellowfin tuna in our samples, for each quarter of the year and for each ten centimeters of total length, which were determined to be males, which were determined to be females, and the numbers in stage 1-S for which the sex is undetermined. The columns headed "% Males" contain the percentages of fish in the corresponding group for which the sex could be determined that were of male sex. The columns headed "% Undet." contain the percentages of the *total fish* in the corresponding group for which the sex was undetermined.

Information respecting the sex ratios in Areas I and II is depicted in Figure 16. In this figure we show, on the bottom panel, for the combined

TABLE 2. Proportions of sexes in samples of yellowfin tuna from Areas I and II.

Length class cm.	January-March					April-June				
	Number of specimens					Number of specimens				
	Male	Female	Undet.	% Male	% Undet.	Male	Female	Undet.	% Male	% Undet.
40- 49			1		100.0		1	3	0	75.0
50- 59		1	5	0	83.3	2	5	19	28.6	73.1
60- 69	14	18	13	43.8	28.9	11	26	13	29.7	7.7
70- 79	8	17	8	32.0	24.2	66	69	11	48.9	29.7
80- 89	3	11	3	21.4	21.4	17	9		65.4	
90- 99	10	17	8	37.0	22.9	13	14		48.1	
100-109	11	10		52.4		1	2		33.3	
110-119	9	4		68.5		5	12		29.4	
120-129		1		0		11	13		45.8	
130-139						2	4		33.3	
140-149	1			100.0		7	4		63.6	
150-159		1		0		5			100.0	
160-169						1			100.0	
Total	56	80	38	41.2	13.9	141	159	46	47.0	13.3
	July-September					October-December				
	Number of specimens					Number of specimens				
	Male	Female	Undet.	% Male	% Undet.	Male	Female	Undet.	% Male	% Undet.
40- 49			2		100.0					
50- 59		10	20	0	66.7	2	5	18	27.6	72.0
60- 69	7	14	11	33.3	33.3	7	17	15	29.2	38.5
70- 79	44	67	27	39.6	19.6	12	17	3	41.4	9.4
80- 89	52	56	14	48.1	11.5	24	40	16	37.5	20.0
90- 99	3	10	2	23.1	15.4	19	19	7	50.0	15.6
100-109	2	7		22.2		21	17		55.3	
110-119	8	7		53.3		3	7		30.0	
120-129	3	4		42.9		7	17		29.2	
130-139						7	4		63.6	
140-149						2			100.0	
150-159						1			100.0	
160-169						1			100.0	
Total	119	175	76	40.5	20.5	106	143	59	42.6	19.2
	All months									
	Number of specimens									
	Male	Female	Undet.	% Male	% Undet.					
40- 49		1	6	0	85.7					
50- 59	4	21	62	16.0	71.3					
60- 69	39	75	52	34.2	31.3					
70- 79	130	170	49	43.3	14.0					
80- 89	96	116	33	45.3	13.5					
90- 99	45	60	17	42.9	13.9					
100-109	35	36		49.3	0					
110-119	25	30		45.5						
120-129	21	35		37.5						
130-139	9	8		52.9						
140-149	10	4		71.4						
150-159	6	1		85.7						
160-169	2			100.0						
Total	422	557	219	43.1	18.3					

samples of all months, the percentage of fish, in each ten centimeter length category, of each sex and of undetermined sex. On the top panel is shown the percentage of males among those fish for which the sex was determined.

It may be seen from this figure that among the smallest specimens, there is a very high percentage of undetermined sex, presumably virgin fish, and that this percentage decreased rapidly with size, so that above

TABLE 3. Proportions of sexes in samples of yellowfin tuna from Area III.

Length class cm.	January-March					April-June				
	Number of specimens					Number of specimens				
	Male	Female	Undet.	% Male	% Undet.	Male	Female	Undet.	% Male	% Undet.
40- 49		2	6	0	75.0			1		100.0
50- 59	37	61	45	37.8	31.5		8	4	0	33.3
60- 69	19	23	2	45.2	4.5	18	39	6	31.6	9.5
70- 79	26	13		66.7	0	40	53	8	43.0	7.2
80- 89	4	5		44.4		22	23		48.9	0
90- 99	7	3		70.0		15	16		48.4	
100-109	12	7		63.2		14	5		73.7	
110-119	5	3		62.5		1	8		11.1	
120-129	2			100.0		3			100.0	
130-139										
Total	112	117	53	48.9	18.8	113	152	19	42.6	6.7
	July-September					October-December				
	Number of specimens					Number of specimens				
	Male	Female	Undet.	% Male	% Undet.	Male	Female	Undet.	% Male	% Undet.
40- 49			1		100.0			5		100.0
50- 59	1	11	18	8.3	60.0	6	28	30	17.6	46.9
60- 69	8	27	28	22.9	44.4	5	37	14	11.9	25.0
70- 79	22	33	10	40.0	15.4	23	32	11	41.8	16.7
80- 89	30	27	4	52.6	6.6	20	9	1	69.0	3.3
90- 99	27	33		45.0	0	11	5		68.8	0
100-109	23	17		57.5		15	13		53.6	0
110-119	3	1		75.0		8	12	1	40.0	4.8
120-129	2	1		66.7		10	3		76.9	0
130-139	1			100.0		1			100.0	
Total	117	150	61	43.8	18.6	99	139	62	41.6	20.7
	All months									
	Number of specimens									
	Male	Female	Undet.	% Male	% Undet.					
40- 49		2	13	0	86.7					
50- 59	44	108	97	28.9	39.0					
60- 69	50	126	50	28.4	22.1					
70- 79	111	131	29	45.9	10.7					
80- 89	76	64	5	54.3	3.4					
90- 99	60	57		51.3	0					
100-109	64	42		60.4	0					
110-119	17	24	1	41.5	2.4					
120-129	17	4		81.0	0					
130-139	2			100.0						
Total	441	558	195	44.1	16.3					

70 cm. nearly all of the specimens can be identified by sex, although a few gonads in stage 1-S occur up to a fish length of a meter. Among the smaller fish for which the sex was determined, the proportion of males is very low and rises rapidly until a fish length of about 70 cm. From 70 cm. to about 130 cm. the proportion of males remains rather constant near 40%, then among larger fish the percentage of males increases rapidly.

Similar data for Area III are presented graphically in Figure 17. Here, again, among the smaller fish there is a large percentage of undetermined sex, which decreases rapidly, and above about 70 cm. nearly all fish can be sexed. Among those sizes where the sex is difficult to determine, there is a low percentage of males among those for which determinations were made, while from about 70 cm. to about 120 cm., the percentage of males

remains fairly constant, or perhaps increases slowly with size. Above 120 cm. there is a rapid increase of males with size of fish.

It seems rather probable that the low percentage of males at the smallest sizes is due to female gonads among immature fish being easier to recognize than male gonads, so that those of undetermined sex in fact are predominantly males. If so, it appears that the sex ratio among yellowfin tuna remains, on the average, constant up to a size of about 120 cm., after which there is an increase in percentage of male fish.

Inspection of Tables 2 and 3 reveals that the same pattern of sex ratios with size of fish prevails in all quarters of the year, and the average sex ratio of the total sample is not significantly different in different seasons.

The increase in percentage of male fish among specimens above about 120 cm., agrees with previous observations made by Murphy and Shomura (1955a, 1955b) on yellowfin tuna taken by longline gear in various parts of the equatorial Pacific further westward. These researchers found that the two sexes were about equally represented in their samples from the West-

TABLE 4. Proportions of sexes in samples of skipjack tuna from Areas I and II

Length class cm.	January-March					April-June				
	Number of specimens					Number of specimens				
	Male	Female	Undet.	% Male	% Undet.	Male	Female	Undet.	% Male	% Undet.
40- 44						2	8	5	20.0	33.3
45- 49		7	1	0	12.5	5	15	14	25.0	41.2
50- 54	1	2	7	33.3	70.0	18	44	23	29.0	27.1
55- 59	5	18	6	21.7	20.7	22	34	3	39.3	5.1
60- 64	23	36	9	39.0	13.2	21	25	1	45.7	2.2
65- 69	6	10	1	37.5	6.3	18	21		46.2	0
70- 74										
Total	35	73	24	32.4	18.2	86	147	46	36.9	16.5
	July-September					October-December				
40- 44		4	10	0	71.4	1	4	6	20.0	54.5
45- 49	6	29	14	17.1	28.6	1	11	17	8.3	58.6
50- 54	49	79	39	38.3	23.4	7	45	28	13.5	35.0
55- 59	41	46	13	47.1	13.0	27	33	17	45.0	22.1
60- 64	4	5		44.4	0	30	44	4	40.5	5.1
65- 69						2	7		22.2	0
70- 74		1		0						
Total	100	164	76	37.9	22.4	68	144	72	32.1	25.4
	All months									
40- 44	3	16	21	15.8	52.5					
45- 49	12	62	46	16.2	38.3					
50- 54	75	170	97	30.6	28.4					
55- 59	95	131	39	42.0	14.7					
60- 64	78	110	14	41.5	6.9					
65- 69	26	38	1	38.2	1.5					
70- 74		1		0	0					
Total	289	528	218	35.4	21.1					

ern Pacific up to about 122 cm., after which males predominated. In the Central Pacific and eastward to 120° W. longitude, the size at which males begin to predominate was somewhat larger.

This predominance of males at large sizes may be due to a differential growth rate, differential mortality rate, or simply some sex-connected differential behavior making the large males more amenable to capture than large females. We have at present no evidence toward choosing among these possibilities.

Skipjack

In Tables 4 and 5 are tabulated for Areas I and II, and for Area III, respectively, the numbers of specimens of each sex in our samples of skipjack, by five centimeter size classes, both for each quarter of the year and for all months combined. Specimens in gonad stage 1-S, for which the sex is undetermined, are again shown separately. The percentages of all specimens for which the sex was undetermined, and the percentages of males among those specimens for which the sex was determined are shown in the corresponding columns of these tables, just as in the case of the yellowfin tuna in the previous tabulations.

TABLE 5. Proportions of sexes in samples of skipjack tuna from Area III

Length class cm.	January-March					April-June				
	Number of specimens					Number of specimens				
	Male	Female	Undet.	%	%	Male	Female	Undet.	%	%
40- 44	1	2	1	33.3	25.0			5		100.0
45- 49	13	16	13	44.8	31.0	4	9	22	30.8	62.9
50- 54	38	47	7	44.7	7.6	23	50	19	31.5	20.7
55- 59	15	32		31.9	0	60	61	5	49.6	4.0
60- 64	29	28		50.9		21	30		41.2	0
65- 69	2	3		40.0						
Total	98	128	21	43.4	8.5	108	150	51	41.9	16.5
Length class cm.	July-September					October-December				
	Number of specimens					Number of specimens				
	Male	Female	Undet.	%	%	Male	Female	Undet.	%	%
40- 44										
45- 49		1		0	0			1		100.0
50- 54	9	32	18	22.0	31.6	9	21	7	30.0	18.9
55- 59	52	86	38	37.7	21.6	47	62	12	43.1	9.2
60- 64	27	29	2	48.2	3.4	69	67		50.7	0
65- 69		2		0		1			100.0	
Total	88	150	58	37.0	19.6	126	150	20	45.7	6.8
Length class cm.	All months									
	Number of specimens									
	Male	Female	Undet.	%	%					
40- 44	1	2	8	33.3	72.7					
45- 49	17	26	23	39.5	34.8					
50- 54	79	150	51	34.5	18.2					
55- 59	174	241	55	41.9	11.7					
60- 64	146	154	2	48.7	0.7					
65- 69	3	5		37.5	0					
Total	420	578	139	42.1	12.2					

In Figure 18 is depicted in the lower panel, for skipjack from Areas I and II, the percentages of fish in all samples within each size group that were determined to be of each sex, and the percentage of undetermined sex. In the upper panel is shown the percentage of males among those for which the sex could be determined. Similar data for Area III are shown graphically in Figure 19.

From Figure 18 it appears that among the smaller size categories, for which the share of fish of undetermined sex is large, the percentage of males is low among those for which the sex was determined. Above about 55 cm., however, the sex of most fish was determined, and the males averaged about 40%, with no indication of a change of sex ratio with fish size.

Similar data are depicted for Area III skipjack in Figure 19. In this case, for the smaller size classes having a high percentage of specimens of undetermined sex, the percentage of males among those specimens which were sexed is very little lower than in the larger size categories. The percentage of males in the samples totalled for all months is near to 40% for all size classes. If the low percentage of males among the smaller skipjack in Areas I and II is to be explained on the basis of the very immature females being easier to recognize than very immature males, as seems reasonable, it is then difficult to explain the lack of such a low percentage of males among the smaller sizes in Area III. It may be noted, however, from Table 5, that we have altogether from Area III only 11 specimens in the 40-44 centimeter category and 66 in the 45-49 centimeter category, so that the discrepancy between the data for the two geographical regions might be due simply to random sampling variations.

In any case, there appears to be no evidence that among the skipjack from either region there occurs a change in the sex ratio in the largest size classes, as there does for yellowfin tuna.

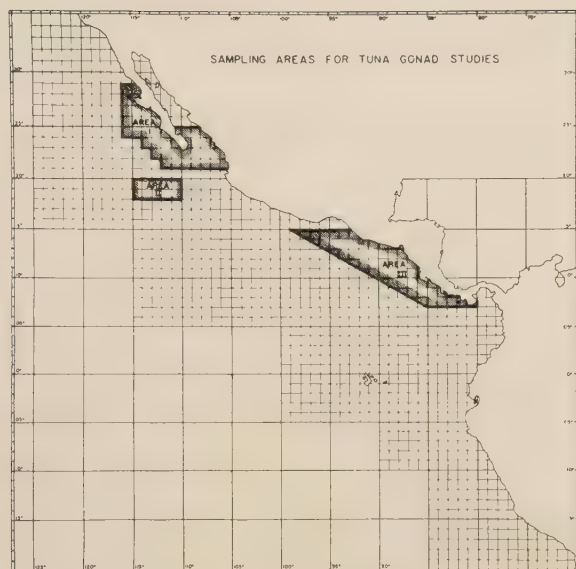


Figure 1. Sampling areas for tuna gonad studies.

Figura 1. Areas en que se recolectaron las muestras de atunes para el estudio de gónadas.

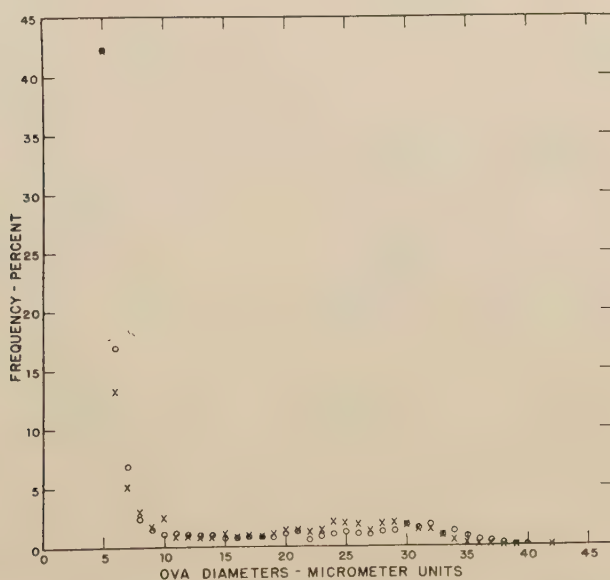


Figure 2. Comparison of frequency distributions of diameters of ova from replicate samples in formalin and in Gilson's fluid.

Figura 2. Comparación de las distribuciones de frecuencias de diámetros de huevos, en muestras de gónadas preservadas en formalina y en solución Gilson.

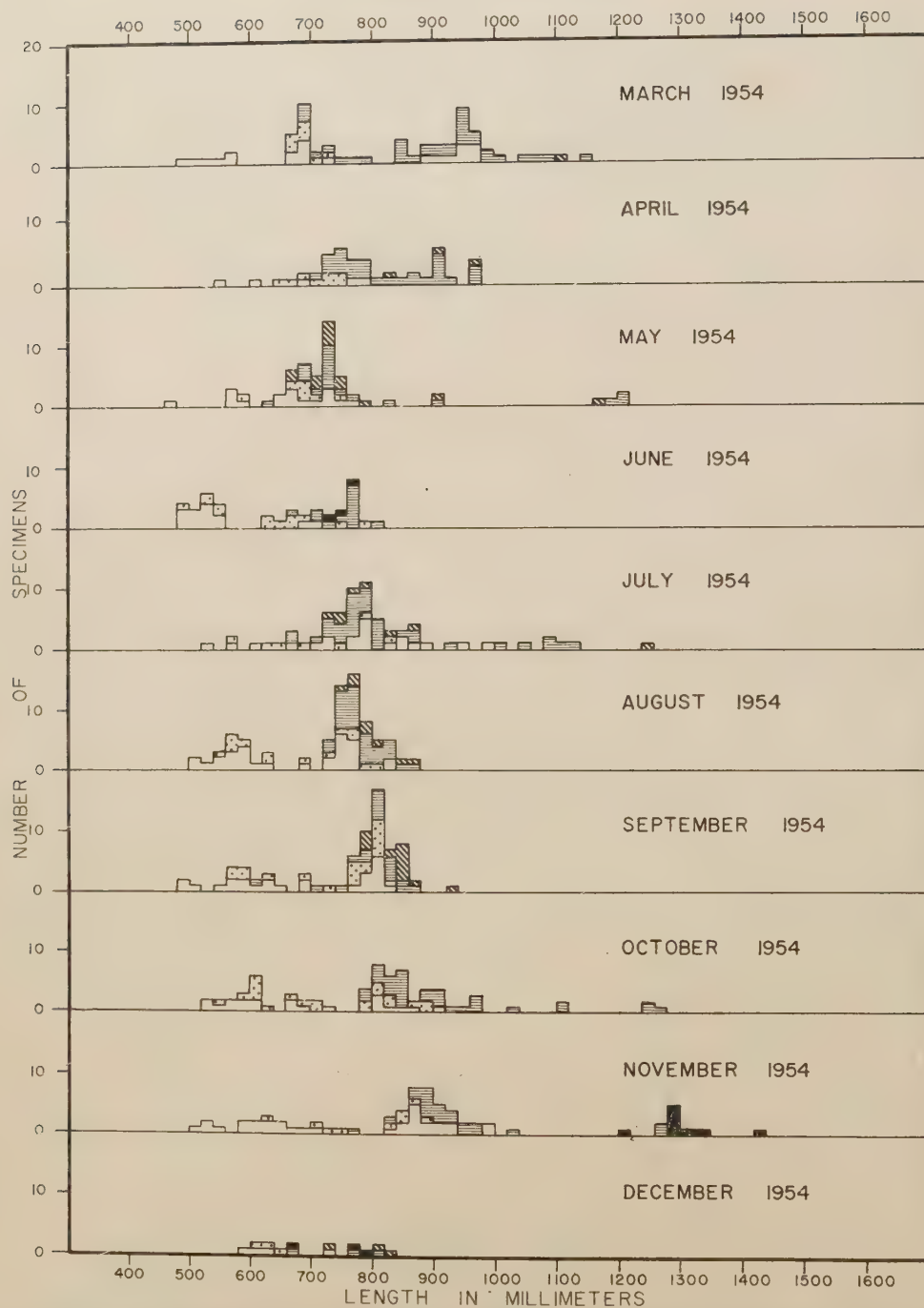


Figure 3. Total length and gross stage of maturity of yellowfin tuna from Area I. Legend: Blank—stage 1-S; Dots—stage 1; Horizontal lines—stage 2; Oblique lines—stage 3; Solid—stage 5.

Figura 3. Longitud total y estado de madurez macroscópica de atunes aleta amarilla del Area I. Leyenda: Blanco—estado 1-S; Punteado—estado 1; Líneas horizontales—estado 2; Líneas oblicuas—estado 3; Negro—estado 5.

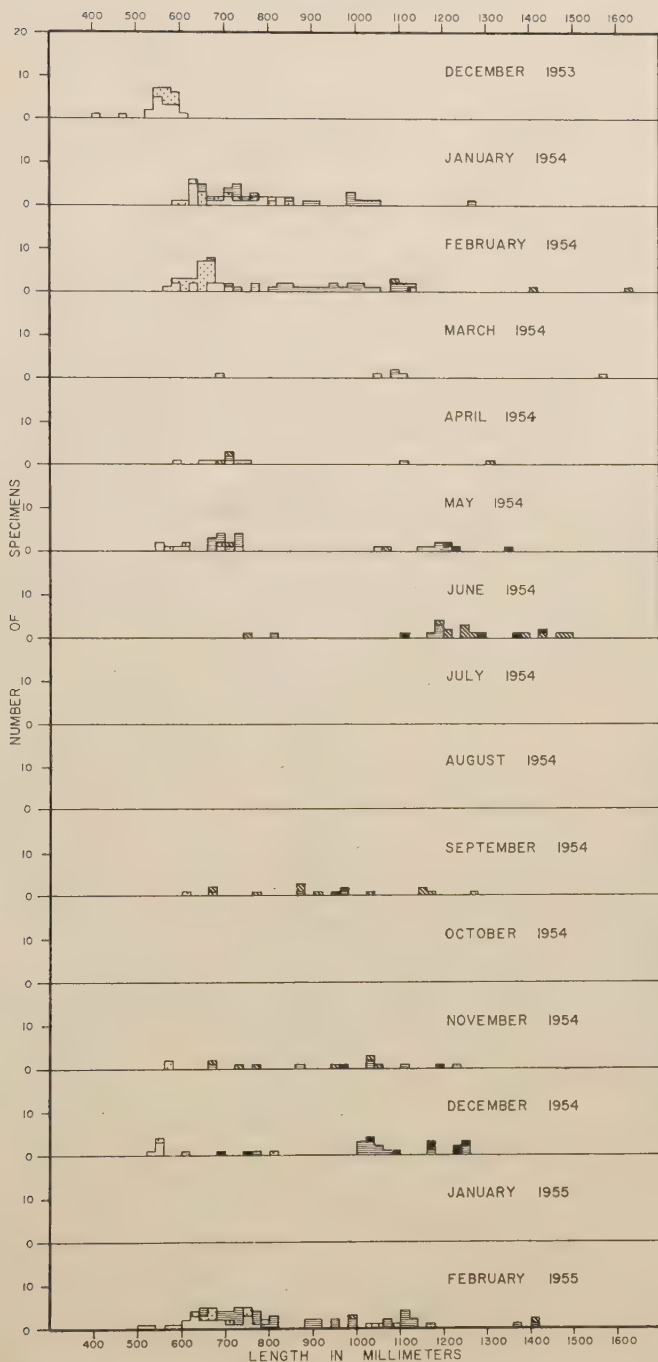


Figure 4. Total length and gross stage of maturity of yellowfin tuna from Area II. Legend as in Figure 3.

Figura 4. Longitud total y estado de madurez macroscópica de atunes aleta amarilla del Área II. Ver leyenda de la Figura 3.

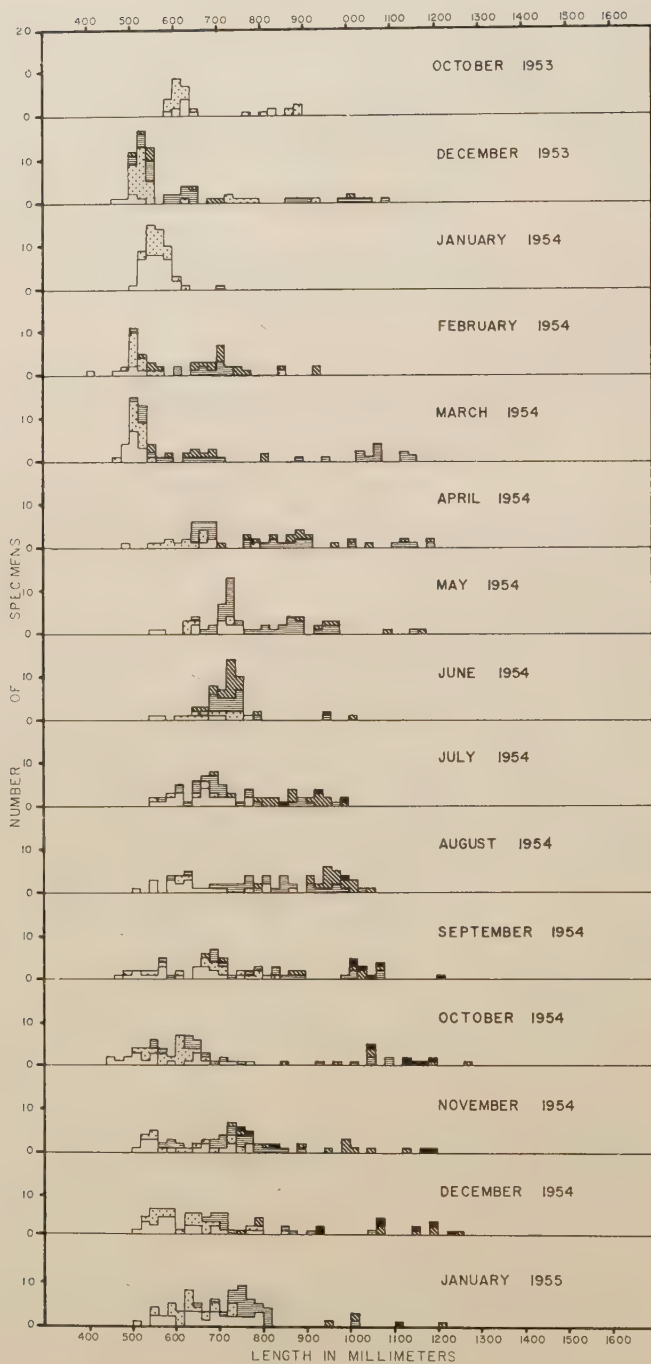


Figure 5. Total length and gross stage of maturity of yellowfin tuna from Area III. Legend as in Figure 3.

Figura 5. Longitud total y estado de madurez macroscópica de atunes aleta amarilla del Area III. Ver leyenda de la Figura 3.

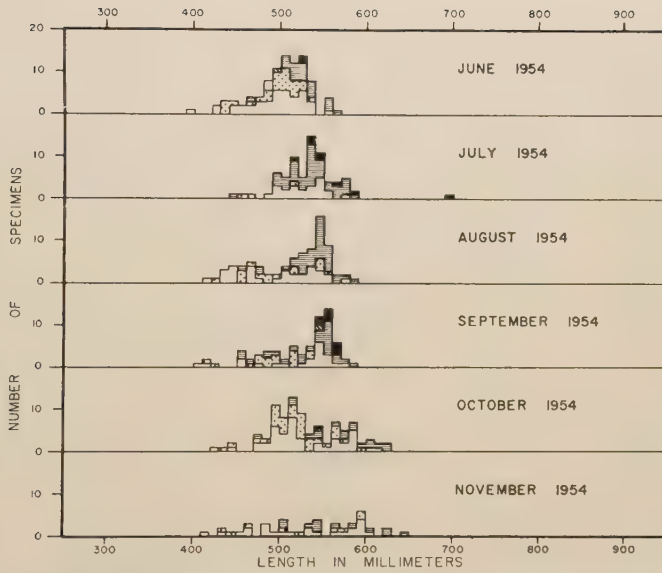


Figure 6. Total length and gross stage of maturity of skipjack from Area I. Legend as in Figure 3.

Figura 6. Longitud total y estado de madurez macroscópica de los barriletes del Area I. Ver leyenda de la Figura 3.

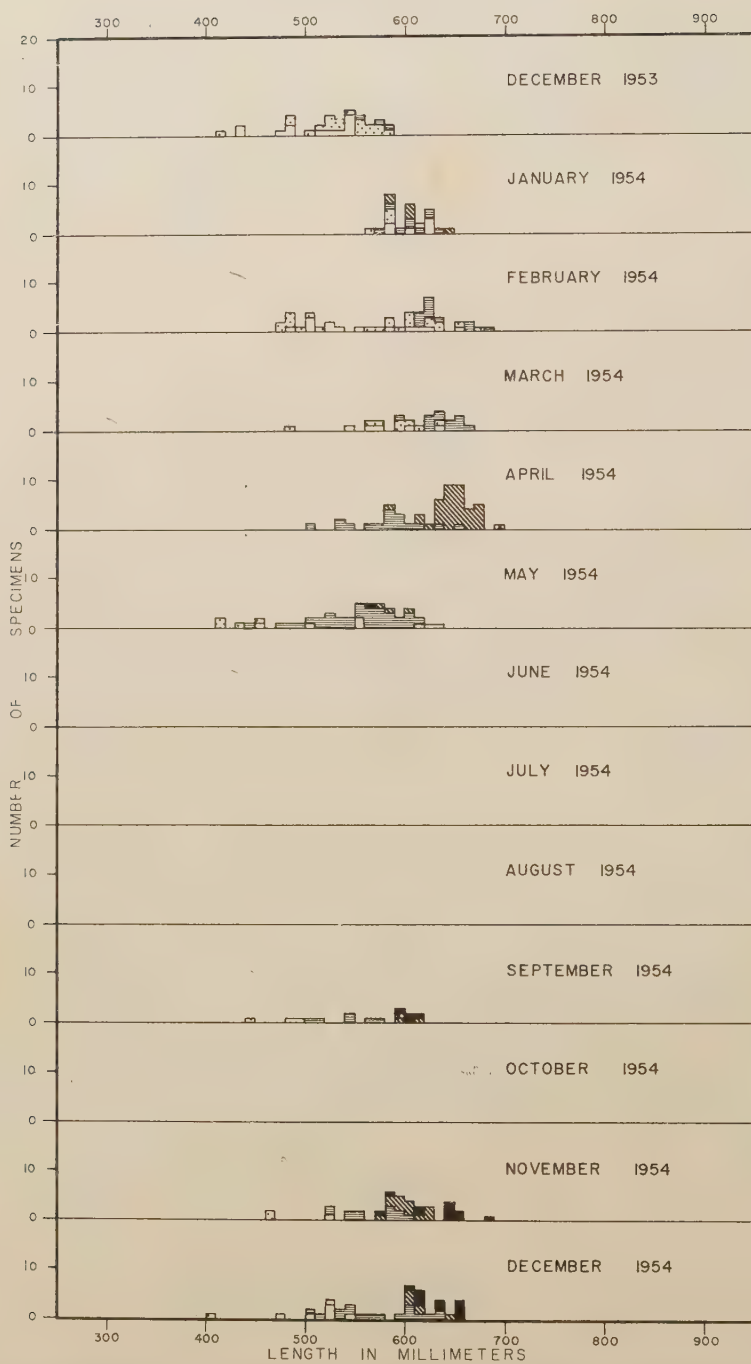


Figure 7. Total length and gross stage of maturity of skipjack from Area II. Legend as in Figure 3.

Figura 7. Longitud total y estado de madurez macroscópica de los barriletes del Area II. Ver leyenda de la Figura 3.

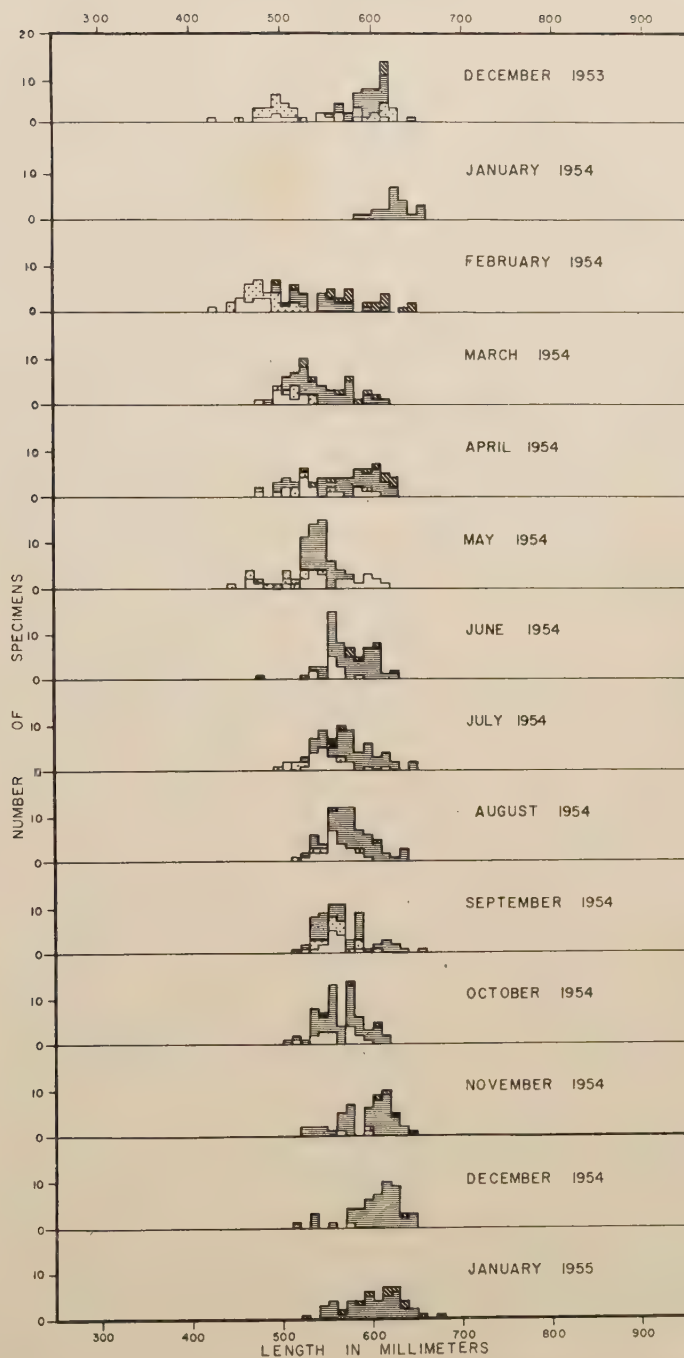


Figure 8. Total length and gross stage of maturity of skipjack from Area III. Legend as in Figure 3.

Figura 8. Longitud total y estado de madurez macroscópica de los barriletes del Area III. Ver leyenda de la Figura 3.

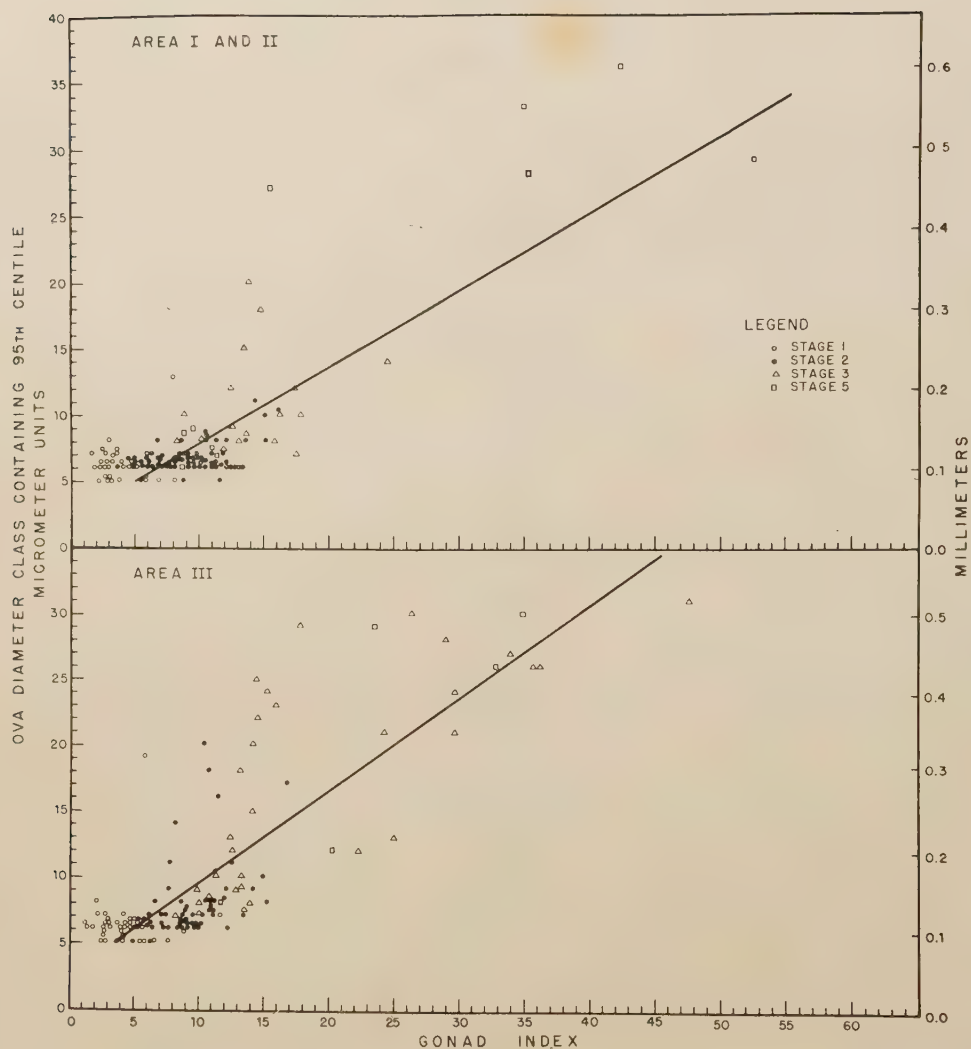


Figure 9. Relationships between gonad index and 95th centile of ova diameter frequency distributions of yellowfin tuna.

Figura 9. Relaciones entre el índice de gónada y el 95 avo. percentil de las distribuciones de frecuencias de diámetros de huevos en el atún aleta amarilla.

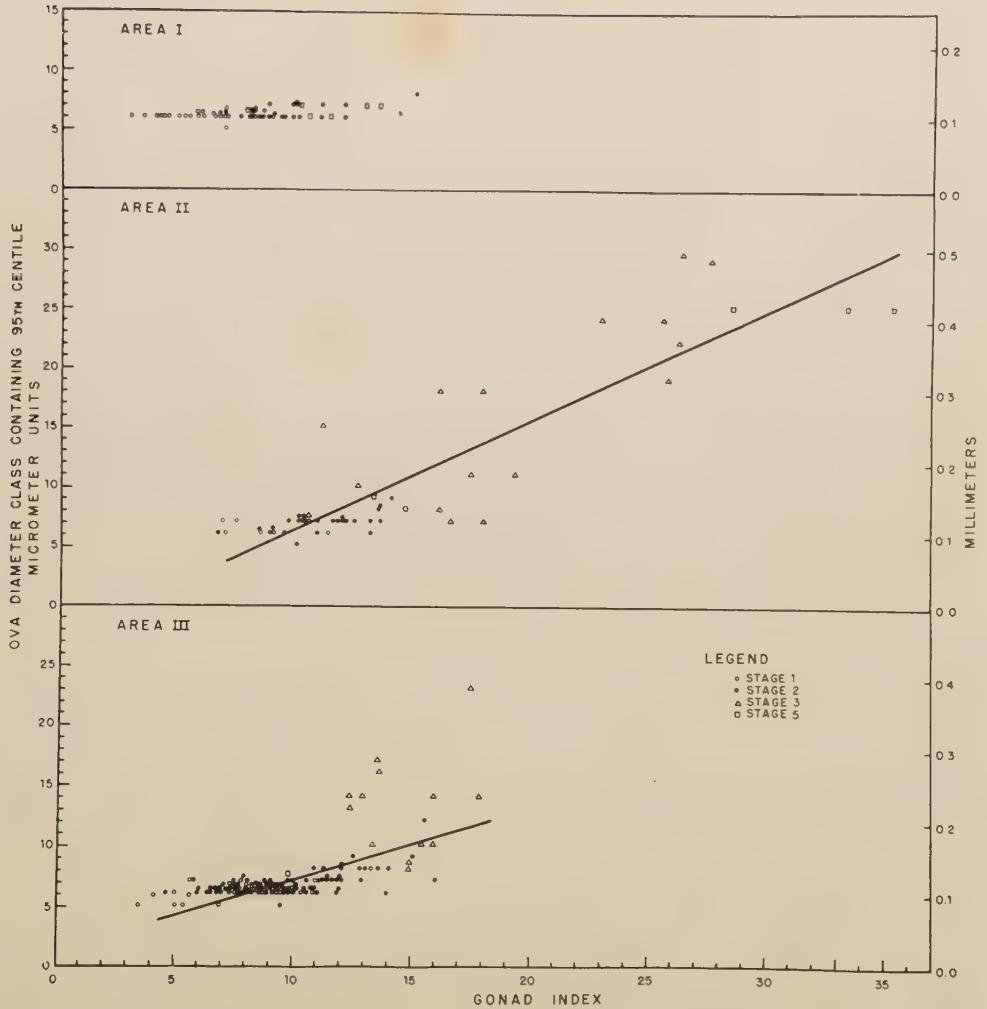


Figure 10. Relationships between gonad index and 95th centile of ova diameter frequency distributions of skipjack.

Figura 10. Relaciones entre el índice de gónada y el 95 avo. percentil de las distribuciones de frecuencias de diámetros de huevos en el barrilete.

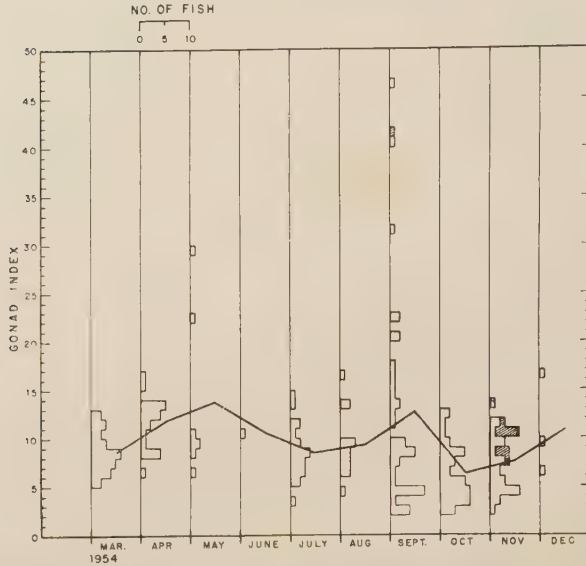


Figure 11. Frequency distributions of gonad indices by month of capture for yellow-fin tuna in Area I. Line connects means of gonad index values for each month. Shaded portions of gonad index frequencies indicate specimens with remnants of mature ova.

Figura 11. Distribuciones de frecuencias de índices de gónadas, en cada mes en que han sido pescados, en atunes aleta amarilla del Area I. La línea quebrada une los valores medios de cada mes de los índices de gónadas. La parte sombreada de las frecuencias del índice de gónada corresponde a los especímenes con huevos maduros remanentes.

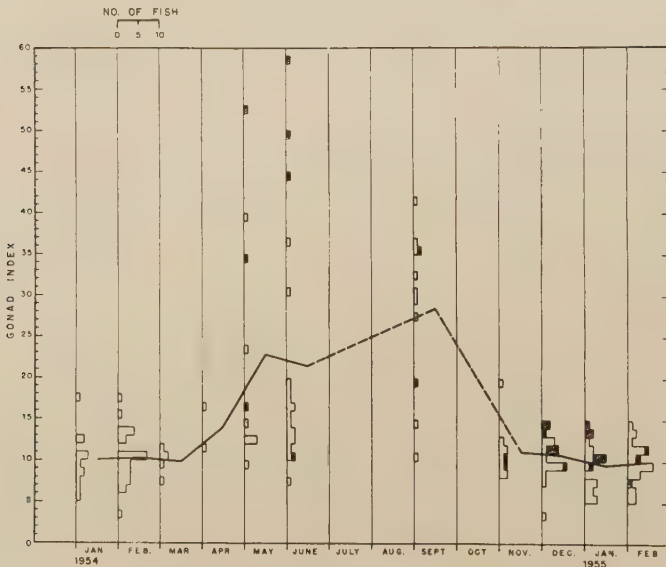


Figure 12. Frequency distributions of gonad indices by month of capture for yellow-fin tuna in Area II. Legend as in Figure 11.

Figura 12. Distribuciones de frecuencias de los índices de gónadas, en cada mes en que han sido pescados, en atunes aleta amarilla del Area II. Ver leyenda de la Figura 11.

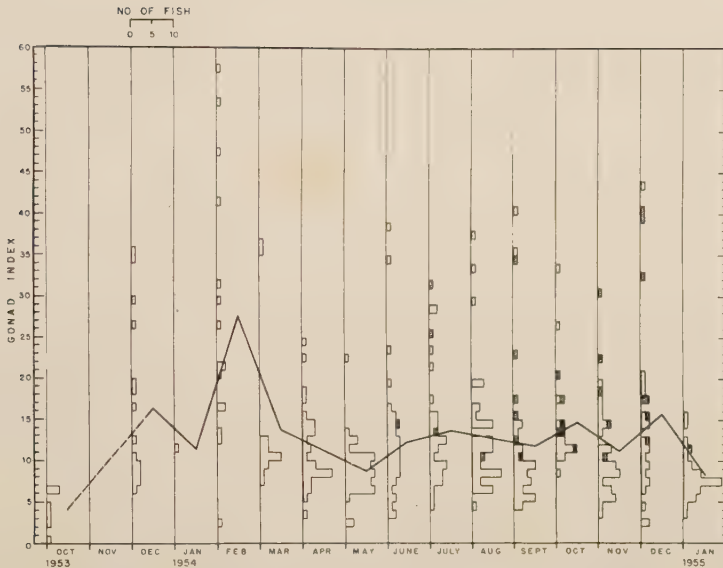


Figure 13. Frequency distributions of gonad indices by month of capture for yellowfin tuna in Area III. Legend as in Figure 11.

Figura 13. Distribuciones de frecuencias de los índices de gónadas, en cada mes en que han sido pescados, en atunes aleta amarilla de Area III. Ver leyenda de la Figura 11.

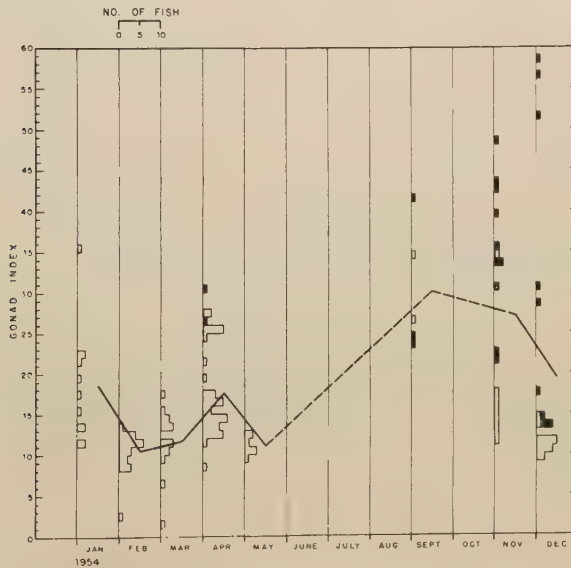


Figure 14. Frequency distributions of gonad indices by month of capture for skipjack in Area II. Legend as in Figure 11.

Figura 14. Distribuciones de frecuencias de índices de gónadas, en cada mes en que han sido pescados, en barriletes del Area II. Ver leyenda de la Figura 11.

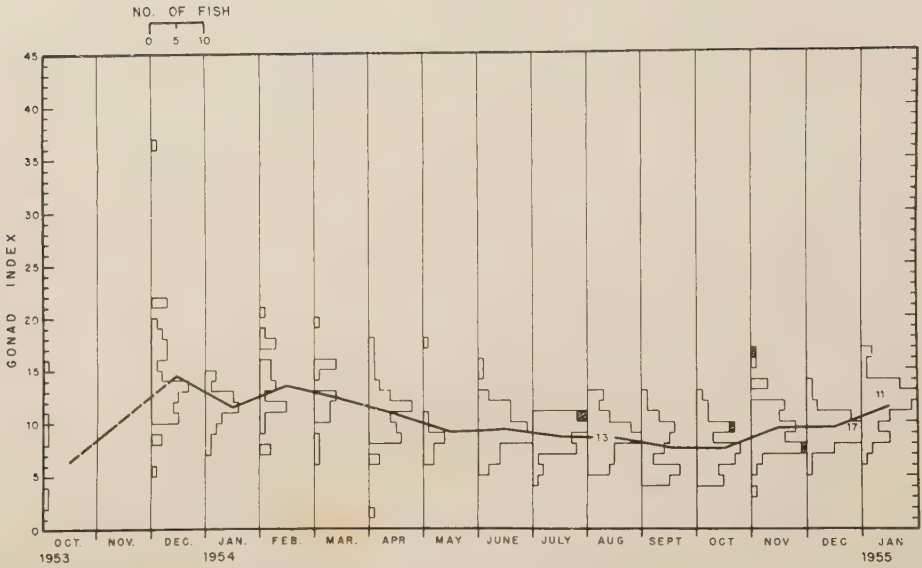


Figure 15. Frequency distributions of gonad indices by month of capture of skipjack in Area III. Legend as in Figure 11.

Figura 15. Distribuciones de frecuencias de los índices de gónadas, en cada mes en que han sido pescados, en barriletes del Area III. Ver leyenda de la Figura 11.

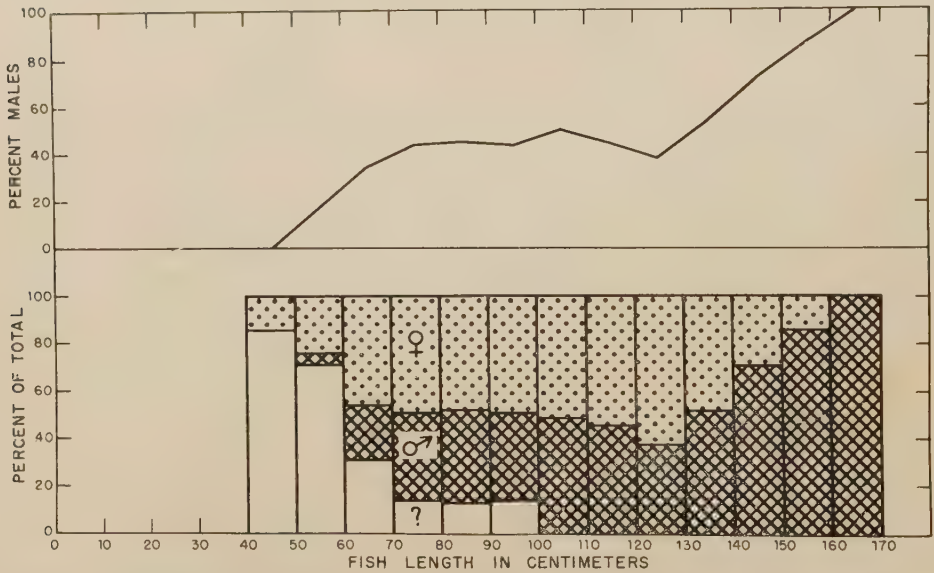


Figure 16. Proportions of sexes of yellowfin tuna by size in samples from Areas I and II. Lower panel, percentages of males, females, and undetermined sex in each ten centimeter group. Upper panel, percentage of males among the specimens for which the sex was determined in each ten centimeter group.

Figura 16. Proporciones entre sexos en el atún aleja amarilla, por tamaños, según muestras de las Areas I y II. Recuadro inferior: porcentajes de machos, hembras y de sexo desconocido, en cada grupo de diez centímetros. Recuadro superior: porcentaje de machos entre los especímenes de sexo conocido, en cada grupo de diez centímetros.

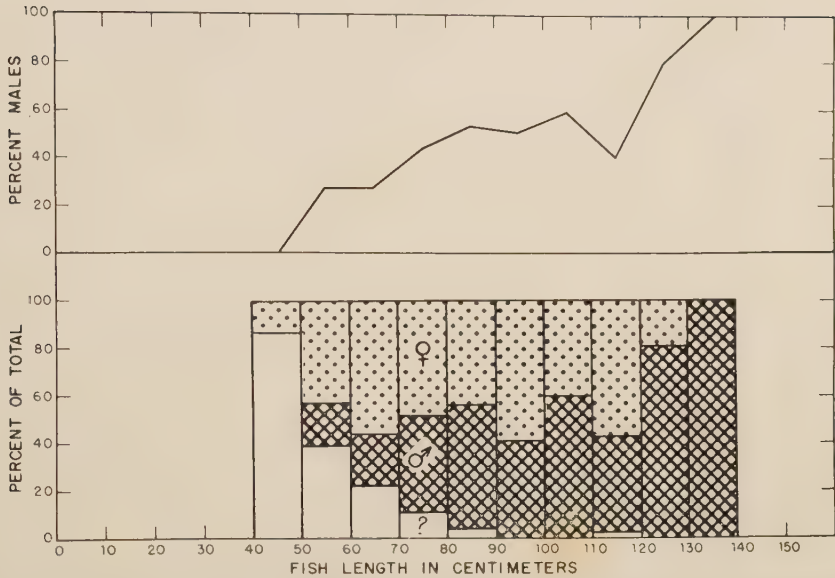


Figure 17. Proportions of sexes of yellowfin tuna by size in samples from Area III. Lower panel, percentages of males, females, and undetermined sex in each ten centimeter group. Upper panel, percentage of males among the specimens for which the sex was determined in each ten centimeter group.

Figura 17. Proporciones entre sexos en el atún aleta amarilla, por tamaños, según muestras del Area III. Recuadro inferior: porcentajes de machos, hembras y de sexo desconocido, en cada grupo de diez centímetros. Recuadro superior: porcentaje de machos entre los especímenes de sexo conocido, en cada grupo de diez centímetros.

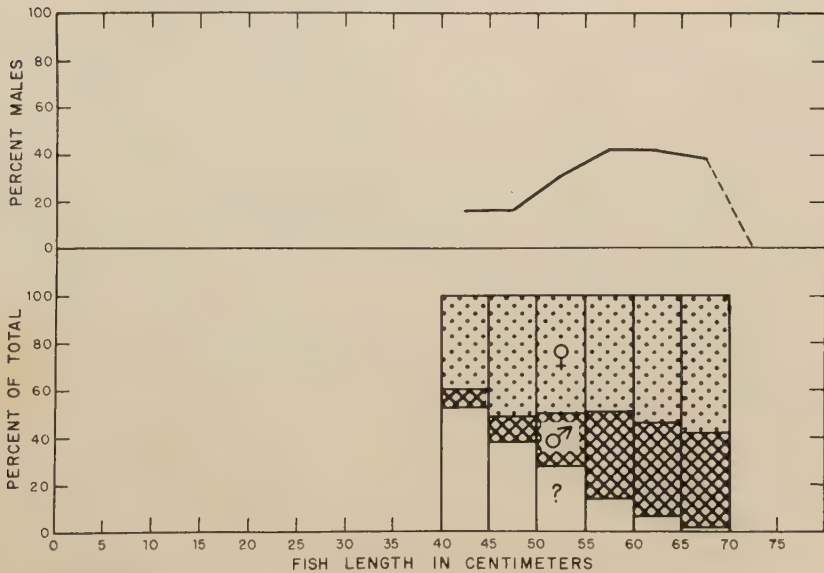


Figure 18. Proportions of sexes of skipjack by size in samples from Areas I and II. Lower panel, percentages of males, females, and undetermined sex in each five centimeter group. Upper panel, percentage of males among specimens for which the sex was determined in each five centimeter group.

Figura 18. Proporciones entre sexos en el barrilete, por tamaños, según muestras de las Areas I y II. Recuadro inferior: porcentajes de machos, hembras y de sexo desconocido, en cada grupo de cinco centímetros. Recuadro superior: porcentaje de machos entre los especímenes de sexo conocido, en cada grupo de cinco centímetros.

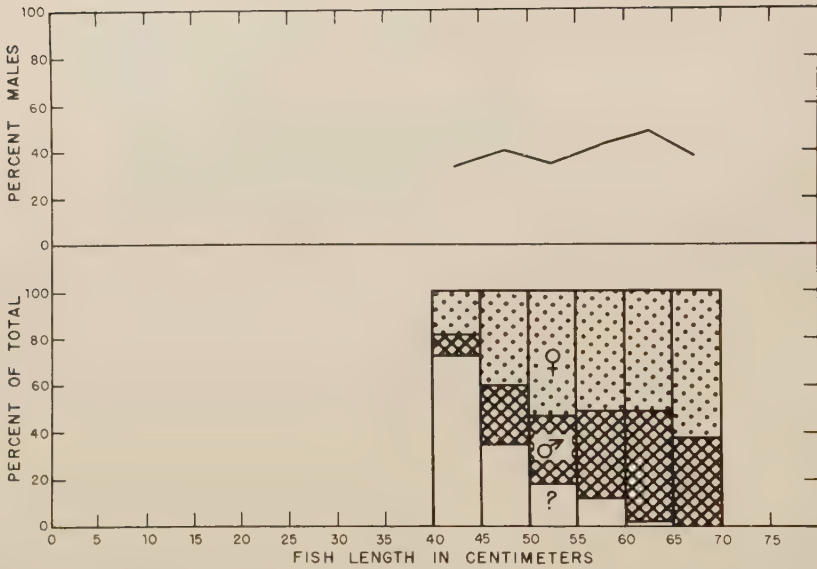


Figure 19. Proportions of sexes of skipjack by size in samples from Area III. Lower panel, percentages of males, females, and undetermined sex in each five centimeter group. Upper panel, percentage of males among specimens for which the sex was determined in each five centimeter group.

Figura 19. Proporciones entre sexos en el barrilete, por tamaños, según muestras del Area III. Recuadro inferior: porcentajes de machos, hembras y de sexo desconocido, en cada grupo de cinco centímetros. Recuadro superior: porcentaje de machos entre los especímenes de sexo conocido, en cada grupo de cinco centímetros.

ESTUDIOS, MEDIANTE EL EXAMEN DE GONADAS, DEL DESARROLLO SEXUAL Y DESOVE DEL ATUN ALETA AMARILLA
(*NEOTHUNNUS MACROPTERUS*) Y DEL BARRILETE
(*KATSUWONUS PELAMIS*), EN TRES REGIONES
DEL PACIFICO ORIENTAL

por

Milner B. Schaefer y Craig J. Orange

INTRODUCCION

El conocimiento del tamaño y la edad que corresponden a la primera madurez sexual, así como de las estaciones y áreas de desove de los atunes tropicales que mantienen las pesquerías del Pacífico Oriental, constituyen parte importante de la información que es menester para comprender la historia natural, la estructura de la población y la dinámica de la pesquería. Hasta hace pocos años nada se sabía sobre el particular. En 1947 el autor principal y uno de sus colegas (Schaefer y Marr, 1948; Schaefer, 1948) pudieron demostrar que tanto el atún aleta amarilla como el barrilete desovan en el mar abierto, frente a América Central, por lo menos durante la última parte del invierno y en la primavera. De enero a abril encontraron que muchos de los atunes aleta amarilla de más de 70 cm. de longitud total, procedentes de las pescas comerciales de dicha región, tenían gónadas en avanzados estados de madurez, mientras que ejemplares pescados hacia fines de junio ya habían desovado. Se recolectaron barriletes en vías de maduración a fines de febrero, al paso que en los últimos días de marzo se encontraron especímenes que ya habían desovado. Numerosos ejemplares muy juveniles del atún aleta amarilla, tan pequeños como 10 mm., y dos barriletes también muy juveniles, fueron pescados en esta región entre enero y mayo.

También Mead (1951) comunicó posteriormente haber pescado *Neothunnus*, en el estado de postlarva, frente a la América Central, algo al norte de donde procedieron las recolecciones que Schaefer y Marr hicieron en mayo de 1949.

En los últimos años varios investigadores han suministrado información concerniente al desove de ambas especies en otros lugares del Pacífico. Matsui (1942) a base de exámenes de gónadas de *K. pelamis* en la vecindad de Palau, infirió que esta especie desova allí. Marr (1948) después de efectuar el examen de gónadas en atunes aleta amarilla y barrilete, pescados en aguas adyacentes a las Islas Northern Marshall, obtuvo evidencia de desove. Al mismo investigador le fué dado hallar *Katsuwonus* juveniles

muy tiernos en el estómago de un adulto de la misma especie. Wade (1950, 1951) ha demostrado, a base del examen de gónadas y mediante la pesca de estados larvales en muestreos planctónicos, que tanto el atún aleta amarilla como el barrilete desovan en la vecindad de las Islas Filipinas, durante todo el año o en su mayor parte. Shimada (1951a) a base de exámenes de gónadas de especímenes procedentes de la pesca comercial japonesa con palangres, cerca del ecuador, entre 141° y 157° longitud E., obtuvo evidencia de que tanto el atún aleta amarilla como el *macroftalmo* ú “ojotes” (*Parathunnus sibi*) desovan en dicha región. También encontró formas juveniles de *Neothunnus* y *Katsuwonus* en los estómagos de atunes grandes pescados con palangre en la misma zona. Igualmente, estados muy juveniles de *Katsuwonus* han sido recolectados cerca de las Islas Phoenix (Shimada, 1951b).

June (1953), mediante el examen sistemático de gónadas de atunes aleta amarilla pescados durante todo el año, cerca a las Islas Hawai, ha demostrado que esta especie desova allí desde mediados de mayo hasta fines de octubre. Brock (1954), gracias al estudio sistemático de gónadas de barriletes de la misma región, ha demostrado también que dicha especie desova en ella desde las postrimerías de febrero hasta los comienzos de setiembre.

La entidad “Investigaciones Pesqueras del Océano Pacífico” (1953) atrapó larvas de atún aleta amarilla y de otros atunes en muestreos planctónicos dentro de una amplia área oceánica comprendida entre los 8° latitud S. y 20° latitud N. y entre 150° y 170° longitud W.

Estas investigaciones parecen demostrar que los atunes tropicales desovan en muchas partes del Pacífico y que se caracterizan por tener una estación de desove muy amplia. Por lo tanto, parece que el esclarecimiento total del desove del atún aleta amarilla y del barrilete, en el Pacífico Oriental, requerirá extensos estudios llevados a cabo en forma sistemática.

Con el fin de allegar información más exacta sobre los procesos de maduración y desove del atún aleta amarilla y del barrilete en la región que compete a la Comisión Interamericana del Atún Tropical, en diciembre de 1953 se inició un estudio sistemático de las gónadas de especímenes desembarcados por la flota pesquera. Las investigaciones iniciales, sobre las que se funda este informe, se restringieron al estudio de ejemplares procedentes de las tres áreas indicadas en el mapa adjunto, Figura 1. El Area I, denominada “bancos locales”, es principalmente la región de la pesquería a lo largo de la costa de Baja California y dentro del Golfo de California. El Area II, situada más afuera y al sur de Baja California, comprende las aguas circunvecinas a las Islas Revilla Gigedo. El Area III incluye la zona de pesca frente a la América Central, de producción anual ininterrumpida, y en la cual se demostró, como se dijo anteriormente, el desove de estas especies.

Los estudios a que nos referimos tuvieron dos objetivos: (1) Investigar el desove del atún aleta amarilla y del barrilete en las tres áreas indicadas,

mediante la evidencia suministrada por el desarrollo de las gónadas extraídas de ejemplares procedentes de las pescas comerciales, y (2) idear métodos para determinar, con prontitud y objetividad, el estado de madurez de las gónadas de las especies mencionadas, a fin de facilitar en éstas y otras áreas, la continuación de investigaciones más extensas y eficientes.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Muestreo de especímenes

Los especímenes se obtuvieron de las embarcaciones dedicadas a la pesca comercial, en el momento de su desembarque en las plantas enlatadoras ubicadas en Terminal Island, California. Los pescados se congelan, inmediatamente después de capturados, en cámaras instaladas en la bodega de la embarcación y son descongelados al iniciar su desembarque. Pueden mantenerse congelados, a bordo de los barcos, hasta por tres meses o más tiempo en algunas ocasiones.

Los capitanes de los barcos pesqueros generalmente registran en sus bitácoras la fecha y localidad en que se efectuó la pesca, así como la cámara en la cual quedó almacenado el producto de una determinada faena de pesca. Desde luego, en algunos casos los pescados de diversas localidades pueden ser almacenados en la misma cámara, y es claro que cuando esto ocurre no se puede saber la procedencia de los especímenes. Para nuestro estudio, hemos examinado únicamente aquellos especímenes cuya localidad y mes de captura eran conocidos. De los grupos de pescados que podían identificarse por la fecha de su captura y la localidad en que se encontraron, las muestras fueron tomadas, en las plantas enlatadoras, de las mesas donde se cortan los pescados o en el momento en que se transporta la pesca de los barcos a dichas plantas.

El plan consistió en obtener, por mes y de cada una de las áreas seleccionadas para estudio, 50 ejemplares hembras de cada especie. Al principio sólo se consideraron dos áreas de muestreo: El área "septentrional", que abarcaba las Areas I y II de la Figura 1, y otra "meridional", correspondiente al Area III de la misma figura. Sin embargo, un examen posterior de los datos demostró que, tanto en una como en otra especie, los ejemplares pescados en la vecindad de las Islas Revilla Gigedo presentaban un desarrollo de sus gónadas diferente al de los ejemplares pescados en las aguas costeras de la Baja California, hecho que hizo necesario sub-dividir el área "septentrional" como se indica en la Figura 1.

Los especímenes *no* fueron obtenidos al azar en lo que al tamaño se refiere. Con el fin de obtener la mayor variación posible en tamaños para cada mes y área, los ejemplares fueron seleccionados de acuerdo a su longitud total y en tal forma que en la muestra final estuvieran representados todos los tamaños de la pesca correspondiente. Esto quiere decir que los

ejemplares grandes, que entran en las pescas en números escasos, tuvieron en las muestras una mayor frecuencia que en los desembarques.

No es posible determinar el sexo de los atunes por los caracteres externos. Es necesario abrir la cavidad visceral para determinar el sexo de los especímenes seleccionados. La longitud total de los pescados (esto es, la distancia que hay entre el extremo del hocico, con las mandíbulas cerradas, y la parte cartilaginosa media de la horquilla caudal—Marr y Schaefer 1949), y el sexo, fueron anotados para cada espécimen. En los individuos no maduros no se puede determinar el sexo con la inspección macroscópica; estos casos fueron anotados por separado. Como por cada mes y área había que recolectar 50 hembras, la obtención de muestras prosiguió hasta alcanzar dicho número. Siempre que se pudo se distribuyó el muestreo, para cada mes y área, entre varios barcos, a fin de obtener un conjunto de muestras que fueran más representativas de la población que lo que serían si los ejemplares se tomaran tan sólo de una embarcación.

Los estudios que después se hicieron sobre el desarrollo de los huevos se basaron en el examen de los ovarios. El número de machos sólo se consideró para establecer la razón numérica entre sexos.

Examen de gónadas

En las plantas enlatadoras se obtenían pares de gónadas y, después de colocarlas por separado en bolsas plásticas numeradas, eran remitidas al laboratorio cercano de la Comisión, en Terminal Island, donde se proseguía su estudio.

Una vez que las gónadas se descongelaban en grado conveniente como para poder estudiarlas detalladamente, se las pesaba en una balanza de brazo a una precisión de 0.1 de gramo, anotando además el estado de madurez determinado por medio de la inspección macroscópica. Estos estados de madurez fueron catalogados como sigue:

- Estado 1-S* Las gónadas son pequeñas y tienen forma de cinta. En este estado no es posible determinar el sexo por el examen macroscópico. Se presume que estos individuos no han entrado nunca en madurez sexual.
- Estado 1* Inmaduro; las gónadas son alargadas y delgadas, pero el sexo puede ser determinado por el examen macroscópico.
- Estado 2* En proceso de maduración; las gónadas son grandes, pero los huevos no pueden ser identificados individualmente a simple vista.
- Estado 3* Continúa el proceso de maduración; las gónadas son grandes y túrgidas y ya es posible identificar individualmente y a simple vista, los huevos en vías de maduración.

Estado 4 Maduro; el ovario ha aumentado de tamaño; los huevos son translúcidos, se desprenden fácilmente de los folículos o se encuentran sueltos en la cavidad interior del ovario; con frecuencia es posible lograr que salgan los huevos ejerciendo presión en las paredes abdominales del pescado. No se encontraron ejemplares en este estado en el presente estudio.

Estado 5 Desovado; hay remanente de huevos maduros en la luz o pliegues del ovario, que frecuentemente sólo pueden verse al examen microscópico. Los ovarios en este estado a menudo son más grandes, huecos y flácidos, pero si el desove no ha sido muy reciente, se podría decir que son idénticos a la condición en que se encuentran en los estados 2 y 3, si no fuera porque muestran remanentes de huevos maduros.

Se presentaron dificultades al tratar de clasificar los ovarios entre los estados tres y cinco. En varias oportunidades se encontraron gónadas con huevos en avanzado estado de madurez, pero que al propio tiempo mostraban unos pocos huevos de mayor tamaño y parcialmente reabsorbidos, los cuales se presume que eran remanentes de un desove anterior. Esta clase de ovarios fué considerada como perteneciente al estado 5. Se encontraron igualmente ejemplares que habrían sido adjudicados al estado 2 o a los comienzos del estado 3, de no haber revelado el examen con microscopio de disección la presencia de un sobrante de huevos maduros. Para los efectos del registro de datos no se diferenciaron los casos en que los ovarios presentaban remanentes de huevos muy poco reabsorbidos de aquellos en que la reabsorción había progresado considerablemente. Por este motivo, el estado 5 involucra tanto los pescados recientemente desovados como aquellos que habían cumplido esta función en época muy anterior. Pero habrá de ser de utilidad en los estudios futuros establecer la distinción.

Los ovarios en el estado 3 abarcan una gama de desarrollo de huevos bastante amplia. Ocurre con frecuencia que el ovario, en su apariencia externa, se muestra idéntico al ovario del estado 2, pero la disección revela huevos en desarrollo, visibles a simple vista. En las fases más avanzadas del estado 3 es posible encontrar ovarios con unos pocos huevos grandes que se están tornando translúcidos pero que aún se encuentran firmemente asentados en el tejido ovárico subyacente.

Muestreo, preservación y medición de huevos

De cada quinta hembra que se encontraba en las muestras tomadas en las plantas enlatadoras, se obtenía un trozo de gónada para medir el diámetro de los huevos que contenía. El trozo del tejido ovárico pesaba de 1 a 2 gramos y se cortaba de la parte central del ovario izquierdo. June

(1953) y Yuen (1955) encontraron que las curvas de frecuencia para diámetros de huevos no acusaban diferencias aún cuando se trabajaran con diferentes sectores del mismo ovario.

Este trozo de tejido era cortado de la pared del ovario con el objeto de acelerar su digestión, colocándosele luego en una botella de una onza, con tapa de rosca que contenía solución Gilson hasta sus $3/4$ partes (Simpson 1951). Estas botellas eran almacenadas en el laboratorio hasta que la digestión de los tejidos conectivos liberara los huevos. El proceso es más rápido si se sacuden las botellas vigorosamente, aún cuando el tiempo requerido varía según sea el grado de madurez de los huevos: las gónadas más avanzadas se disuelven más pronto que las menos desarrolladas. Todo el proceso varía así entre uno y cuatro o cinco meses.

Cuando los huevos quedaban libres de los tejidos de sostén, se sacaba de la botella una muestra indiscriminada con una pipeta, se esparcían unas pocas gotas en un porta-objetos, teniendo el cuidado de homogenizar la distribución de los huevos tanto como fuera posible. Se colocaba enseguida el porta-objetos sobre la platina de un microscopio de disección, y se procedía a medir los diámetros de huevos, en campos representativos, por medio de un micrómetro ocular. En el sistema óptico que se usó, una división del micrómetro ocular correspondía a 0.0167 mm. Los huevos no son perfectamente esféricos y los diámetros medidos corresponden a cualquiera de los ejes que cayera paralelo a la escala del micrómetro ocular. No se midieron huevos cuyos diámetros fueran menores de 5 unidades de la escala micrométrica, esto es, 0.08 mm.

Cuando un ovario contenía huevos cuyo diámetro era de más de 9 unidades micrométricas (0.15 mm.) se medía una muestra de trescientos huevos aproximadamente. Si los ovarios contenían solamente huevos cuyos diámetros eran menores de 9 unidades micrométricas, una muestra de unos 100 huevos era suficiente para caracterizar la distribución de sus tamaños. En unos pocos ovarios no maduros, se encontró que el diámetro de muy pocos o ninguno de los huevos alcanzaba el tamaño de 5 unidades micrométricas, y en estos casos se examinaron meticulosamente dos o tres montajes para medir todos los huevos que excedieran el tamaño mínimo.

Comparación de los efectos de la solución Gilson y la formalina en el diámetro de los huevos

June (1953), Yuen (1955) y otros investigadores, al estudiar el desarrollo en el ovario de los huevos de los atunes conservaron las gónadas en formalina. La solución Gilson es, sin embargo, superior, porque con ella los huevos quedan desembarazados de sus tejidos de sostén, eliminando así la tediosa tarea de tener que conseguir esto mismo mediante el uso de estiletes. Al hacer el estudio comparativo de nuestros datos con los de otros autores, surge la necesidad de precisar los efectos de las dos soluciones preservadoras sobre el promedio de los diámetros de los huevos.

TABLA 1. Porcentaje de las distribuciones de frecuencias de diámetros de huevos provenientes de nueve muestras de gónadas preservadas en solución Gilson y en formalina.

Diámetro de huevos (uni- dades micro- métricas)	Solución Gilson	Formalina	Diámetro de huevos (uni- dades micro- métricas)	Solución Gilson	Formalina
5	42.3	42.4	35	0.3	0.8
6	13.2	16.9	36	0.2	0.5
7	5.1	6.9	37	0.2	0.4
8	3.0	2.4	38	0.1	0.2
9	1.7	1.5	39	0.1	0.1
10	2.5	1.1	40		0.1
11	.9	1.2	41		
12	.8	1.1	42	0.1	
13	.8	1.0	43		
14	.7	1.0	44		
15	1.1	0.7	45		
16	.8	0.7	46		
17	1.0	0.8	47	0.1	
18	.9	0.8	48	0.1	
19	1.1	0.8	49		
20	1.4	1.1	50		
21	1.4	1.3	51		
22	1.3	0.6	52		
23	1.4	0.8	53		
24	2.1	1.0	54		0.1
25	2.0	1.2	55		
26	1.9	1.1	56		
27	1.3	1.0	57		
28	1.9	1.2	58		
29	2.0	1.3	59		
30	1.8	1.8	60		
31	1.4	1.5	61		
32	1.4	1.8	62		
33	0.9	0.9	63		0.1
34	0.5	1.3			

Para investigar este asunto, nueve muestras de gónadas de túnidos en varios estados de desarrollo (cinco de atún aleta amarilla y cuatro de barrilete) fueron preservados por duplicado en solución Gilson y en formol. La distribución de frecuencias en términos del porcentaje medio de los diámetros de huevos correspondientes a estas muestras, aparecen en la Tabla 1 y, en forma gráfica, en la Figura 2. Parece obvio que, en promedio, las distribuciones de frecuencia en las dos soluciones preservadoras son bastante similares y que, por lo tanto, no tienen efectos diferenciales sobre las frecuencias relativas de los diámetros de los huevos, o por lo menos tales efectos no han sido observados dentro de los límites a que se contrajo el experimento.

Tamaño de los huevos completamente maduros

En las muestras no se encontraron ejemplares en pleno desove. Sin embargo, un atún aleta amarilla de 1443 milímetros de largo pescado en Roca Partida (en el Area II), daba señas de que estaba concluyendo su desove, pues se encontró, en la porción anterior del ovario, huevos completamente

maduros y libres que, en conjunto, formaban un volumen equivalente a $1/4$ de una taza de té corriente. La parte posterior tenía unos pocos huevos maduros, libres y dispersos entre los pliegues de los tejidos ováricos. Después de un mes de haber sido preservados en solución Gilson, estos huevos maduros tenían un diámetro medio de 0.75 mm., con valores extremos de 0.67 y 0.83 mm. Al cabo de tres meses, el promedio fué de 0.74 mm. y los valores extremos 0.65 y 0.92 mm. Esto mostró que el diámetro de los huevos maduros no cambia con el tiempo de preservación en la solución Gilson, que fué de uno a tres meses. Varios huevos maduros de este espécimen fueron también medidos al estado fresco. Desgraciadamente no se anotaron las medidas, pero el co-autor (Orange) recuerda que oscilaron entre 0.9 y 1.2 mm. de diámetro. Por lo tanto, puede ser que los huevos encojan algo durante su preservación en la solución Gilson.

Huvos maduros remanentes en gónadas de especímenes en el estado 5, al parecer poco reabsorbidos, oscilaban entre 0.83 y 1.17 milímetros de diámetro aún cuando la mayor parte estaban entre 0.9 y 1.0 mm., medidos antes de someterse a preservación.

Estos datos guardan armonía con las observaciones que June (1953) hizo en un atún aleta amarilla en pleno desove, pescado en aguas hawaianas, en el cual los huevos maduros acusaron un promedio de 1.0 milímetro de diámetro, con valores extremos de 0.8 y 1.2 mm.

Otras especies de túnidos del Pacífico tienen huevos de un tamaño muy aproximado a los arriba indicados. Kikawa (1953) informó que los huevos maduros del atún macroftalmo (*Parathunnus mebachi*) del Pacífico Occidental tenían un diámetro aproximado de 1 mm. después de haberlos mantenido en agua de mar durante varias horas. Yuen (1955) indica que huevos maduros de la misma especie, hallados en ejemplares pescados en el Pacífico Central Ecuatorial al sur de Hawai, tenían diámetros de 0.88 a 1.1 mm. Brock (1954) dió a conocer que los barriletes hawaianos tenían "huevos completamente maduros de más de 1 mm. de diámetro". Según su informe, los huevos completamente maduros de una sola hembra acusaron un promedio de 1.125 mm. en su diámetro. Se presume que estos huevos fueron medidos cuando estaban frescos.

Ya concluído este informe, obtuvimos una hembra de atún aleta amarilla de 857 mm. pescada en Uncle Sam Bank (en el Area I) a comienzos de octubre de 1955, la cual, a pesar de que ya había desovado, conservaba, debido a una constricción anormal del ovario derecho, un número elevado de huevos remanentes en la parte anterior de dicha constricción. Estos huevos parecían ser los rezagos de un desove muy reciente, sin que se hubiera producido todavía ninguna reabsorción. Los diámetros de 106 de estos huevos oscilaron entre 0.81 y 1.24 mm., con un promedio de 1.00 mm. Las medidas hechas en 103 de ellos, después de una semana de preservación en solución Gilson, acusaron un promedio de 0.76 mm. y una amplitud de variación comprendida entre 0.60 y 0.82 mm.

RESULTADOS DE LAS DETERMINACIONES DEL ESTADO DE MADUREZ MEDIANTE EXAMENES MACROSCOPICOS

Atún aleta amarilla

Area I

Entre marzo y diciembre de 1954 se obtuvieron muestras de atunes aleta amarilla pescados en el Area I. En la Figura 3 se muestran las longitudes de los especímenes que integraron las muestras, así como su estado de madurez determinado a base de exámenes macroscópicos y según la escala arbitraria descrita en la página 324.

La mayor parte de los ejemplares de esta área fueron relativamente de pequeña talla, menos de un metro de largo, no obstante que, como se dijo antes, el sistema de muestreo usado era selectivo a fin de incorporar en las muestras los pescados de todos los tamaños presentes en los desembarques. No se encontraron en esta área grandes atunes aleta amarilla, salvo esporádicamente. Y en realidad, la figura pone en evidencia que la mayor parte de los desembarques consistieron de dos grupos de tamaño, los cuales bien podrían representar clases anuales. No obstante la naturaleza selectiva del muestreo, cuya tendencia es la de eliminar los modos, la presentación y decurso de las longitudes modales correspondientes a estos dos grupos es perfectamente discernible. El grupo de mayor edad aparece, en las muestras de marzo, con una longitud modal de unos 70 cm., y es posible seguirla hasta noviembre, en que el modo de su longitud es de cerca de 88 cm. El otro grupo, al parecer un año más joven, aparece en las muestras como un modo típico en junio, acusando un tamaño modal de 53 cm. aproximadamente, el cual puede seguirse hasta noviembre o diciembre, en que el tamaño modal es muy cercano a los 65 cm.

Si suponemos que la aparición de pescados en el estado 3, en el que los huevos son visibles en los ovarios sin necesidad de recurrir a ningún artificio óptico, es una indicación de la proximidad de la madurez, entonces parece que los miembros de esta especie no maduran sexualmente, por lo menos dentro de esta área, cuando miden menos de 66 cm. de largo. Dos gónadas en el estado 3 fueron obtenidas en ejemplares de este tamaño en mayo, y un pescado, que al parecer ya había desovado, (estado 5), se obtuvo en diciembre. A menudo se encontraron especímenes de tamaños mayores de 70 cm. en los estados 3 y 5. En estas series de muestras no se encontraron ejemplares en el estado 4.

A la inversa, pescados en el estado 1-S, los cuales probablemente representan formas que nunca han desovado, constituyen la mayoría de los ejemplares en el grupo de tamaños integrado por los individuos más jóvenes. Un buen número de los pescados del grupo de tamaño inmediato superior, también se encuentra en este estado. En las mismas muestras

aparecen unos pocos especímenes en el estado 1-S, con longitudes aún mayores.

En consecuencia, parece que el tamaño que tienen los individuos al llegar a su primera madurez sexual está muy cerca de los 66 cm., y que no es raro que existan ejemplares de 90 a 100 cm. que nunca hayan entrado en madurez sexual.

La misma figura pone de manifiesto que entre los pescados de más de 66 cm., los comprendidos en los estados 3 al 5 se presentan con más frecuencia de mayo a setiembre, aunque algunos fueron encontrados en otros meses.

Area II

Del Area II, Islas Revilla Gigedo, se obtuvieron muestras entre diciembre 1953 y febrero 1955. Sin embargo, en diciembre de 1953, sólo se obtuvieron pescados muy pequeños de un tamaño menor de 62 cm. Los tamaños de los especímenes y su estado de madurez, determinados mediante el examen macroscópico, se muestran en la Figura 4.

En esta área situada en mar abierto, la pesca comercial del atún aleta amarilla obtuvo ejemplares que cubrieron una amplitud mayor de variación de tamaños que en la zona costera de Baja California. Los especímenes de longitud mayor de un metro fueron hallados, como lo indica la figura, en las muestras de la mayor parte de los meses. Debido a la amplia variación de tamaños de que se disponía, la naturaleza selectiva del muestreo impidió la identificación de grupos modales en esta serie de muestras. Conviene indicar aquí que, en ésta y otras áreas, se están tomando muestras adicionales y representativas de la composición de los cardúmenes en lo que se refiere al tamaño de los individuos que los integran, a fin de poder estudiar la edad y crecimiento de éstos siguiendo el decurso de los respectivos grupos modales de tamaño.

Aquí, nuevamente, los pescados más pequeños que—en cualquier momento del período abarcado por los estudios—mostraron gónadas en el estado 3 fueron los de 66 cm. de largo, por lo que dicho valor puede ser considerado como una estimación del tamaño mínimo al cual los individuos alcanzan su primera madurez. Se encontró un considerable número de especímenes en el estado 1-S entre los pescados menores de 80 cm., así como uno que otro entre los pescados mayores. Debiera tomarse nota de que en las Areas I y II (y también en el Area III, como se mostrará luego), entre los atunes aleta amarilla mayores de unos 90 cm. rara vez se encuentran ejemplares en los estados 1-S y 1. Todo parece indicar que las gónadas que se encuentran en la fase de reposo están comprendidas en el estado 2.

En las muestras de atún aleta amarilla del Area II, se encontraron gónadas en el estado 3 (que pueden ser consideradas como indicativas de la proximidad del desove) y en el estado 5 (que se cree que representa desove

anterior) en muchos de los especímenes examinados de mayo a noviembre, pero sólo uno que otro ejemplar en estos estados aparecieron en los meses anteriores a mayo. En diciembre de 1954 una proporción notable de los especímenes examinados se encontraron en el estado 5 y ni uno solo en el 3.

Area III

En el Area III, frente a la América Central, no se interrumpen las actividades pesqueras en ninguna época del año, de modo que fué posible obtener muestras de atún aleta amarilla en cada uno de los meses desde diciembre 1953 hasta enero 1955, además de octubre de 1953. En la Figura 5 se muestra la composición de tamaños de los ejemplares muestreados y la madurez de los mismos determinada por inspección macroscópica de las gónadas. Durante la mayor parte del tiempo fué posible disponer de muestras que medían hasta 1200 mm. de longitud total, y en determinadas épocas se logró conseguir especímenes aún más grandes. En ésta, como en el Area II, el hecho de disponer de una amplia gama de tamaños y la naturaleza selectiva de los muestreos con respecto a la longitud, hicieron imposible ninguna interpretación sobre la existencia de modos en las frecuencias de tamaño de las muestras.

Los especímenes en el estado 3, que es indicativo, como se ha dicho, del acercamiento de la madurez, se presentaron ocasionalmente en diciembre, febrero y marzo en tamaños de 50 a 60 cm. En individuos mayores de 60 cm. se encontró con frecuencia este estado durante ciertos períodos del año. Individuos en el estado 1-S, que se cree que no alcanzaron nunca la madurez sexual, se presentan con frecuencia hasta aproximadamente los 70 cm., y esporádicamente hasta los 90 cm. Esto parecería indicar que en esta región el atún aleta amarilla tiende a madurar a tamaños menores que en las regiones más septentrionales de nuestro estudio, siendo el tamaño menor al cumplirse la primera madurez de unos 50 cm., con una apreciable proporción de individuos que devienen sexualmente maduros cuando el tamaño rebasa, aproximadamente, los 60 cm. Como por encima de los 94 cm. de longitud no se encontraron especímenes en los estados 1 y 1-S, es probable que todos los individuos de la región que exceden este tamaño estén sexualmente maduros.

En todos los meses se encuentran individuos cuyas gónadas están en indiscutible desarrollo (estado 3) o que parecen ya haber desovado por lo menos una vez (estado 5).

Barrilete

Area I

Para el presente trabajo se obtuvieron muestras de barrilete del Area I, pero sólo desde junio de 1954 hasta noviembre del mismo año. Esta es la temporada en que las actividades pesqueras de la región son más produc-

tivas. Es verdad que en algunos años se pueden pescar barriletes en buen número en los meses anteriores a junio, pero durante la primavera de 1954 no fué posible tomar muestras en Terminal Island, que pudieran identificarse positivamente como procedentes de esta área, antes de dicho mes.

En la Figura 6 se muestra la composición de las muestras en lo que atañe al tamaño, junto con el estado de desarrollo de las gónadas, determinado por medio del examen macroscópico. Del análisis de esta figura se desprende que los especímenes fueron en su gran mayoría muy pequeños, y sólo unos pocos individuos sobrepasaban los 60 cm. Esta observación contrasta con lo encontrado en mar abierto, Area II, y en las aguas frente a la América Central, (Area III), en donde se encontraron con frecuencia ejemplares mayores de 60 cm. entre las muestras correspondientes a muchos de los meses (Figuras 7 y 8).

En las muestras de esta área, los individuos con huevos visibles a simple vista (estado 3) o que parecían haber desovado por lo menos una vez (estado 5) fueron relativamente raros. De esto se podría deducir que en esta área los barriletes desovan poco o no desovan en absoluto, por lo menos dentro del período en que se recogieron las muestras.

El no haber encontrado evidencia de desove en los especímenes examinados podría obedecer a que la mayor parte de los barriletes de los tamaños indicados no han alcanzado todavía su madurez. Por otra parte debe tomarse nota de que una elevada proporción de ejemplares en el estado 1-S fueron encontrados en todos los tamaños obtenibles en esta región.

Los individuos más pequeños en los estados 3 ó 5 acusaron longitudes cercanas a los 50 cm.

Area II

Desde diciembre de 1953 hasta diciembre de 1954 se obtuvieron muestras de barriletes en las cercanías de las Islas Revilla Gigedo. No se encontraron muestras en junio, julio, agosto y octubre y tan sólo unos pocos ejemplares en setiembre. Durante estos meses la mayor parte de la flota se encontraba pescando en la zona nerítica de Baja California, y la poca pesca efectuada cerca de las Islas produjo muestras de sólo atún aleta amarilla en junio y julio (Figura 4). En la Figura 7 se muestra la composición de tamaños y estados de madurez resultantes del examen macroscópico de las gónadas de barriletes pescados en la región de las Islas.

Bien puede verse como estas muestras comprendieron barriletes de un tamaño mayor que los que formaron las muestras tomadas en la región nerítica próxima a Baja California y como la mayoría de los individuos en estados avanzados de madurez (estados 3 al 5) correspondieron a estos tamaños mayores. En las muestras de las Islas Revilla Gigedo, el ejemplar más pequeño dentro de los estados 3 al 5, midió 56 cm. de largo. Una gran parte de los barriletes de esta área en el estado 1-S acusaron longitudes

menores de 55 cm., y ya se ha dicho que es de presumir que este estado corresponda a individuos que nunca desovaron. En el mismo estado 1-S se encontraron algunos especímenes que medían hasta 65 cm. De estas muestras y de las procedentes de las Areas I y II se desprende que, en la parte septentrional de su distribución, los barriletes entran en madurez al tamaño mínimo de unos 55 cm., y que una elevada proporción de ellos no maduran antes de alcanzar los 60 cm.

Aunque en enero de 1954 se obtuvieron unos pocos especímenes en el estado 3, no fué sino hasta abril de 1954 que pudo encontrárseles en números apreciables. En las muestras de setiembre, noviembre y diciembre una cantidad relativamente grande de los especímenes que sobrepasaban 57 cm. se encontraron en los estados 3 y 5. Es de lamentar que no se lograran muestras en los meses de pleno verano, porque los datos que existen parecen indicar que, en esta área, la principal época de desove de los barriletes puede ser la comprendida entre abril y diciembre.

Area III

Como la pesca en esta área se ejercita, en mayor o menor grado, durante todo el año, nos fué dable obtener muestras de barriletes en todos los meses desde diciembre de 1953 hasta enero de 1955, ambos inclusive. En la Figura 8 se muestra la longitud de los especímenes y los estados de madurez, tales como pudieron determinarse mediante el examen macroscópico de sus gónadas. Entre las muestras de cada mes se encontraron especímenes de hasta unos 65 cm. de largo.

Individuos en los estados 1-S y 1 son frecuentes hasta en tamaños de unos 55 cm., aunque algunos especímenes cuyos tamaños sobrepasaban los 60 cm., se encontraron en esos mismos estados. Los peces más pequeños en el estado 3 midieron 50 cm. de largo, pero, por debajo de los 55 ó 60 cm., no fueron numerosos los especímenes clasificables en el estado 3.

Al comparar la Figura 8 con la Figura 7, salta a la vista que el barrilete tiende a madurar a un tamaño ligeramente menor que en el área más tropical.

Pareciera que durante todo el año se encuentran especímenes en proceso de maduración o recién desovados, a juzgar por el hallazgo de peces en los estados 3 y 5 en todos los meses, aunque fueron relativamente más numerosos los ejemplares, en dichos estados, durante febrero, marzo y abril de 1954 y enero de 1955. Puede que esto indique que la principal época de desove de esta especie, en la vecindad de la América Central, ocurra durante las postrimerías del invierno y los comienzos de la primavera en el hemisferio norte.

Podría anotarse de paso que las frecuencias de tamaño de la Figura 8 proporcionan alguna indicación del índice de crecimiento de esta especie. Pese a que, con el fin de obtener de los desembarques los individuos de

todos los tamaños presentes, se recurrió a un muestreo intencionalmente selectivo (y no a uno que reflejara la composición natural de los tamaños pescados) es posible distinguir en esta serie de muestras una clase modal bastante bien definida, que progresa desde los 50 cm. en febrero de 1954 hasta unos 62 cm. en enero de 1955, lo cual da un ritmo de crecimiento para este grupo de barriletes de alrededor de 12 cm. por año.

RELACIONES ENTRE EL TAMAÑO DEL PESCADO, EL PESO DE LAS GONADAS Y EL TAMAÑO DE LOS HUEVOS EN EL OVARIO

El método de determinar el grado de madurez de las gónadas por medio de la inspección macroscópica carece de precisión suficiente. En efecto, la distinción entre los estados 2 y 3, que depende de la visibilidad de los huevos a simple vista, varía no sólo de un observador a otro, sino también con la condición física en que se encuentren las gónadas tras haber sido congeladas y descongeladas. Por otra parte, el estado 3 abarca una gran parte del período de desarrollo de las gónadas, puesto que los huevos pueden comenzar a verse en el ovario desde que tienen cerca de 0.12 cm. de diámetro. En tal virtud, es deseable emplear un método para determinar el estado de madurez de las gónadas que sea a un tiempo más exacto y más objetivo.

Posiblemente el método más preciso para determinar el estado de madurez es el de medir los diámetros de un gran número de huevos hallados en las gónadas de cada espécimen. Este método, por ejemplo, fué usado por Brock (1954) en el estudio del desove de *Katsuwonus pelamis* cerca de Hawai. Pero, como este método consume mucho tiempo, parece deseable usar otro que sea menos laborioso, de ser tal cosa factible. En consecuencia, se investigó la posibilidad de estimar el tamaño de los huevos en vías de maduración en el ovario y, por ende, el grado de madurez del individuo, a base del tamaño del pescado y del tamaño de las gónadas.

Con este objeto, se tomó una muestra de la gónada de cada quinta hembra de cada especie; estas muestras fueron preservadas en solución Gilson y de ellas se obtuvo el material para medir el diámetro de un gran número de huevos. Se anotó la longitud total y el peso de las gónadas de cada espécimen. Los detalles del método fueron consignados anteriormente (página 325).

Como puede verse por las Figuras 1, 2 y 3 de June (1953) y Figura 4 de Brock (1954), las distribuciones de frecuencia de los diámetros de los huevos en atunes aleta amarilla y barrilete en proceso de maduración, son de tal carácter que resulta difícil precisar la posición del modo del grupo de huevos en desarrollo. Empero, en lugar de tratar de determinar el tamaño modal, como lo hizo June (1953) y Yuen (1955), hemos empleado la posición del 95^{avo.} percentil del total de la distribución de frecuencia para tipificar el tamaño del grupo de huevos más desarrollados. Esto se logra simplemente de-

terminando, en unidades micrométricas, el intervalo del tamaño-clase dentro del cual cae el límite del cinco por ciento superior de huevos medidos (1 unidad micrométrica equivale a 0.0167 mm.).

La relación entre la longitud del pescado, el peso de la gónada y el tamaño de los huevos (posición del 95^{avo.} percentil) puede ser tratado como un caso de regresión con tres variables. Sin embargo, de ser ello factible, es más fácil combinar la longitud del pescado y el peso de la gónada y tratar el problema como si sólo fuera de dos variables. Este procedimiento está supeditado al descubrimiento de una función entre la longitud del pescado y el peso de la gónada, cuya relación con el diámetro de los huevos sea independiente de la longitud del pescado. Con este objeto hemos investigado la relación entre el diámetro de los huevos y el "índice de gónada".

$$\text{G.I.} = \frac{w}{L^3} \times 10^8$$

donde G.I. = índice de gónada

w = peso de ambos ovarios, en gramos

L = longitud total del pescado, en milímetros

Puesto que en los atunes el peso es casi aproximadamente proporcional al cubo de su longitud, este índice resulta también casi aproximadamente proporcional al "peso relativo del ovario" usado por Yuen (1955), esto es, el peso de las gónadas dividido por el peso del pescado. Kikawa (1953), al estudiar la especie *Parathunnus mebachii*, empleó el mismo índice de gónada que nosotros, aunque sus unidades difieren de las nuestras por un factor de 10².

Atún aleta amarilla

Para el presente trabajo se obtuvieron datos correspondientes a 261 atunes aleta amarilla, de los cuales 76 procedían del Area I, 50 del Area II y 135 del Area III. Los análisis de covarianza, de las regresiones del diámetro de huevos sobre el índice de gónada, nos permiten decir lo siguiente:

1) Comparando las regresiones de diferentes gamas de tamaño (individuos de menos de 600 mm., de 600 a 899 mm., y de 900 o más milímetros de longitud total) no se encontraron diferencias significativas entre grupos de diferente longitud, al nivel del 5% de probabilidad. Por lo tanto parece que no hay evidencia de que la relación entre el diámetro de los huevos y el índice de gónada varíe con el tamaño del pescado dentro de los límites de tamaños estudiados. Por esta razón se puede considerar que, mediante el uso del "índice de gónada", se anula el efecto que, de otro modo, tendría el tamaño variable del pescado, reduciéndose el problema al estudio de la relación entre las dos variables siguientes: índice de gónada y diámetro de huevos.

2) Al comparar las regresiones para áreas diferentes se encontró que

entre todas las áreas, existía una diferencia significativa, al nivel del uno por ciento de probabilidad. Sin embargo, no se encontró diferencia significativa entre las Areas I y II, siendo la diferencia entre todas las áreas debida a la diferencia de los pescados de la región de la América Central (Area III) con los de las aguas frente a México (Areas I y II). Las pendientes de las líneas de regresión correspondientes a las dos regiones (Figura 9) no son significativamente diferentes. La diferencia que se advierte entre ellas es debida a los distintos niveles de las líneas por término medio, para un determinado índice de gónada, los individuos pescados frente a América Central tenían huevos un poco más grandes que los correspondientes a los ejemplares pescados frente a México.

En la Figura 9 se ha graficado, por regiones, la distribución de los índices de gónada y la posición del 95^{avo.} percentil de la frecuencia con que se presentan los diámetros de huevos en cada individuo, aparte del estado de madurez determinado mediante el examen macroscópico de las gónadas. Además, a cada gráfico se le ajustó, por el método de los cuadrados mínimos, una línea de regresión recta.

Bien se echa de ver que los diámetros de los huevos pueden ser estimados a base de los índices de gónada, pero el error standard en la estimación es bastante grande, como que asciende a 3.10 unidades micrométricas (0.052 mm.) para las Areas I y II y a 3.88 unidades micrométricas (0.065 mm.) para el Area III. Este grado de variabilidad es casi el mismo que el encontrado por Yuen (1955) para las estimaciones modales de los diámetros de los huevos a base de los índices de gónada en *Parathunnus sibi*, Figura 5.

La Figura 9 pone de manifiesto que los pescados en los estados 1 y 2, de la escala adoptada para clasificar los resultados del examen macroscópico de gónadas, involucran individuos con índices de gónada hasta 15 aproximadamente, aunque uno que otro espécimen de índice mayor también fué adscrito al estado 2. Se comienzan a clasificar especímenes en el estado 3 cuando los índices de gónada descienden a 8. Es evidente que, debido a la amplia gama de valores índices (y diámetros de huevos) que abarca el estado 3, las condiciones de madurez determinadas por inspección macroscópica de las gónadas pueden ser de un valor limitado en la determinación de la proximidad del desove. Por el contrario, parece que el índice de gónada es a este respecto más útil, estando además suficientemente correlacionado con los diámetros de los huevos en vías de maduración como para proporcionar un medio estadístico rápido y fidedigno para indicar el avecinamiento del desove.

Especímenes en el estado 5, con rezagos de huevos maduros de un desove anterior, pueden correlacionarse con índices de gónada que cubren una amplia gama de valores. Por lo tanto, es necesario buscar huevos remanentes si se quiere determinar si hubo o no desove anterior.

Es digno de consignarse que los huevos más desarrollados en cualquiera de los especímenes examinados con este objeto, fueron algo más pequeños que el tamaño que tienen en el momento de desove, y el cual, a juzgar por los diámetros de huevos maduros remanentes (ver página 328) preservados en solución Gilson, es de unos 0.75 mm. de diámetro, al paso que el 95^{avo.} percentil de la distribución de frecuencia de diámetros de huevos de los atunes aleta amarilla más desarrollados de nuestras muestras correspondió a unos 0.5-0.6 mm.

Esto parece indicar que cuando los atunes aleta amarilla están a punto de desovar resultan inaprovechables por la pesquería. Este fenómeno fué ya notado antes por Schaefer (1948) tanto en el caso del atún aleta amarilla como en el del barrilete en aguas frente a la América Central. Puede ser que la explicación de este fenómeno radique en que, para desovar, los peces avanzan hacia el mar abierto o buscan estratos de agua más profundos, o, en fin, puede ser que en esta época crucial se desintegran los cardúmenes o dejan de alimentarse. Un fenómeno similar fué observado por June (1953) en los atunes aleta amarilla pescados con palangre en las inmediaciones de las Islas Hawai, aunque es verdad que él obtuvo especímenes en estados de madurez más avanzados que cualquiera de los de nuestras colecciones.

Barrilete

Del Area I, obtuvimos medidas de diámetros de huevos en 55 barriletes. Sin embargo, casi todos ellos fueron individuos pequeños, pues sólo un espécimen sobrepasó los 600 mm. de longitud total. Del Area II se dispuso de 57 individuos, de los cuales 25 acusaron una longitud total inferior a 600 mm. y 32 la sobrepasaron. Del Area III se recolectaron 133 ejemplares, de los cuales 95 midieron menos de 600 mm. de longitud total y 38 excedieron dicho valor.

Al comparar, mediante el análisis de covarianza, las regresiones de los diámetros de los huevos sobre los índices de gónadas, en especímenes menores y mayores de 600 mm. de longitud total procedentes de las Areas II y III, no se encontró, al nivel del 1% de probabilidad, diferencia significativa entre los dos grupos de tamaño, aunque, en cuanto al Area II, dicha diferencia fué ligeramente significativa al nivel del 5% de probabilidad. Una vez más, parece que el factor tamaño se torna intrascendente al emplear el índice de gónada y que, en consecuencia, procede abordar el estudio considerando tan sólo la relación en que se encuentran las dos variables citadas anteriormente: diámetros de huevos e índices de gónadas.

En el recuadro superior de la Figura 10 se han graficado los valores del índices de gónada y la posición de los 95^{avos.} percentiles de las distribuciones de frecuencia de los diámetros de los huevos correspondientes a especímenes individuales del Area I. Todos los barriletes pequeños de esta área contenían huevos en los primeros estados de desarrollo, con un 95^{avo.}

percentil en los diámetros de los huevos invariablemente inferior a 0.15 mm. Seis especímenes tenían huevos remanentes de un desove anterior, pero, por lo demás, las gónadas habían, al parecer, involucionado a su fase de reposo.

Del Area II, que comprende la región de las Islas Revilla Gigedo, se obtuvieron especímenes con huevos que acusaban un amplio grado de desarrollo, y del Area III, frente a la América Central, se recolectaron ejemplares con gónadas en moderado estado de desarrollo, aunque ninguno en tal grado de madurez como algunos individuos de la región de las Islas Revilla Gigedo.

En los recuadros segundo y tercero de la Figura 10 se muestran, en barriletes de las Areas II y III, respectivamente, el índice de gónadas y la posición del 95^{avo.} percentil de diámetros de huevos, junto con el estado de madurez determinado a base de la inspección macroscópica de las gónadas. Cada uno de estos gráficos lleva la correspondiente línea de regresión recta, ajustada según el método de los cuadrados mínimos. Parece, sobre todo a base de los datos correspondientes al Area II, que el índice de gónada proporciona una estimación conveniente del tamaño de los huevos, aunque nuevamente aquí los errores standard de la estimación no son pequeños, pues es de 3.02 unidades micrométricas (0.050 mm.) para el Area II, y de 3.37 de las mismas unidades (0.056 mm.) para el Area III. Este es un valor casi igual al encontrado para el error standard del atún aleta amarilla (página 336).

El análisis de covarianza indica que, para las Areas II y III, los coeficientes de regresión (gradientes de las líneas de regresión) son estadísticamente diferentes, al nivel del 1% de probabilidad. Sin embargo, puede ser que esto no refleje ninguna diferencia biológica entre los individuos de las dos áreas, ya que tal diferencia podía ser el resultado de que la verdadera regresión de diámetros de huevos sobre los índices de gónadas no sea exactamente lineal, a lo cual todavía se podría añadir el efecto de la diferencia entre las gamas de índices de gónadas de las dos muestras. Como no se midieron huevos cuyos diámetros eran menores de 5 unidades micrométricas, el 95^{avo.} percentil de los diámetros de huevos está limitado a este valor inferior, lo cual habrá de determinar una ausencia de relación rectilínea hacia el extremo inferior de la regresión.

Del análisis de esta figura parece desprenderse que en esta especie, como en el caso del atún aleta amarilla, el examen macroscópico de las gónadas, no determina los estados de madurez de los huevos en el ovario con la efectividad con que lo hace el índice de gónada. El estado 3 abarca una gama singularmente amplia de diámetros de huevos, a partir de unos 0.12 mm. El estado 5, constituido por los huevos remanentes de un desove anterior, se encuentra en pescados cuyos índices de gónadas acusan valores que oscilan entre límites amplios, lo cual quiere decir que, si además de determinar los valores del índice de gónada se desea precisar si hubo o no desove anterior, ha de ser necesario buscar huevos remanentes en el ovario.

Los individuos más avanzados en estas series de muestras tenían huevos cuyos diámetros andaban cerca de los 0.5 mm., e índices de gónadas que fluctuaron entre 25 y 35. A juzgar por el índice de gónada, en las Areas II y III (ver Figuras 14 y 15) se recolectaron unos pocos individuos en estados de madurez presumiblemente más avanzados, pero que no quedaron representados en las sub-muestras tomadas para medir huevos. Brock (1954) en sus estudios de esta especie cerca de Hawai, obtuvo numerosos especímenes en estados de madurez más avanzados, aunque también advirtió que "Los individuos completamente maduros fueron muy escasos en los desembarques; y parece que, por lo general, las pesquerías no tienen fácil acceso a ellos". Parece que, aún en la inmediata vecindad de las áreas de desove, los individuos muy próximos a desovar modifican sus hábitos en tal forma que se hacen inaccesibles a las artes de pesca en uso.

RESULTADOS DEL ESTUDIO DEL INDICE DE GONADA

De lo expuesto se colige que el índice de gónada, tanto en el caso del atún aleta amarilla como en el del barrilete, es una medida bastante confiable del grado de desarrollo de los huevos. Por lo mismo, el índice de gónada debiera ser útil en el estudio de la distribución geográfica y estacional del desove, suponiendo que los individuos con elevados índices de gónada habrían desovado poco tiempo después dentro de la región en que fueron pescados. Los huevos maduros remanentes encontrados en las gónadas, constituyen una mayor evidencia sobre desove anterior.

Desgraciadamente, no se dispone de información respecto al ritmo de desarrollo de los huevos en el ovario, o al tiempo que toma la reabsorción de los huevos maduros que quedaron rezagados en dicho órgano. Si estos ritmos fueran lentos, es posible que las gónadas con altos índices o con huevos maduros remanentes, no sean indicativas de que el desove ocurrió cerca del lugar donde se pescaron los individuos, ya sea que esta proximidad se refiera al espacio o al tiempo. Sin embargo, a nuestro entender, esta posibilidad es algo remota.

Ya indicamos antes que algunos de los especímenes que integran las pescas comerciales parecen ser individuos que nunca desovaron, y tan pequeños que mal podían tomárseles por adultos con capacidad para desovar. Por lo tanto, los especímenes que no alcanzaran a medir lo que por lo común mide la especie al entrar en su primera madurez, no debieran tomárseles en cuenta al juzgar la incidencia de las épocas de desove. De la forma como se distribuyen las gónadas en el estado 1-S, que se considera corresponde a los pescados que nunca han desovado, se dedujo que, en los túnidos, el tamaño que ellos tienen al entrar en madurez por vez primera, no es definido. Sin embargo, se desprende de la evidencia considerada en la sección correspondiente de este estudio, que si para las Areas I y II se emplean sólo los especímenes de atún aleta amarilla de 80 o más cm., y de 70 cm. o más para el Area III, quedarán incorporados muy pocos individuos

que no desovaron nunca y que se habrían conservado en esta condición durante la época de desove de que se trate. De igual modo, se cree que barriletes que nunca desovaron no se encontrarán de un tamaño mayor de 60 cm. en las Areas I y II, o de unos 55 cm. en el Area III. En tal virtud, se han elegido estos límites para decidir qué tamaños de pescados deberán considerarse al analizar, a base de los índices de gónadas, la evidencia adquirida sobre áreas y épocas de desove.

Atún aleta amarilla

En las Figuras 11, 12 y 13 se muestran las frecuencias con que se presentan, según el mes de pesca, los diferentes índices de gónadas en los especímenes de las Areas I, II y III, respectivamente. También se ha indicado la presencia de pescados en el estado 5, con huevos maduros que son rezagos de un desove anterior. Los datos provienen de todos los pescados que excedieron los tamaños mínimos especificados, de los cuales se extrajeron después las sub-muestras representativas que luego sirvieron para la medición de huevos. En las mismas figuras se indica también el índice medio de gónada en cada mes.

Se obtuvieron relativamente pocos especímenes con elevados índices de gónadas en el Area I. Los pocos ejemplares con índices mayores de 20, que corresponden a huevos de alrededor de 0.3 mm., se encontraron en mayo y setiembre. En noviembre se pescaron algunos individuos con huevos maduros remanentes. De estos datos parece deducirse que la población representada por los ejemplares estudiados, desova principalmente en los meses de verano pero es bastante posible que la población no desove en el lugar donde se pescaron las muestras, sino en puntos algo alejados de ella.

En el Area II, una proporción relativamente grande de los especímenes examinados de mayo a setiembre tenían gónadas con altos índices, siendo muy probable que algunos de ellos estuvieran muy próximos a desovar. Y en verdad algunos parecían haber desovado ya una vez y estar en vías de hacerlo nuevamente, como lo indicaba el hecho de que mostraran elevados índices de gónadas y huevos maduros, como rezagos de un desove precedente. En otoño e invierno, noviembre-febrero, se encontró un considerable número de especímenes en el estado 5 con bajos índices de gónadas. Tal como vemos nosotros las cosas, hay bastante razón para afirmar que el atún aleta amarilla desova en la vecindad de las Islas Revilla Gigedo en los meses de verano, de mayo a setiembre, por lo menos.

Aunque, en las áreas septentrionales, sólo se obtuvieron especímenes con gónadas bien desarrolladas durante el verano, la Figura 13 indica que en el Area III se pescaron en cada uno de los meses del año algunos individuos con elevados índices de gónadas. De la proporción relativamente más grande de especímenes con índices de gónadas altos encontrados en febrero, en conjunción con el hallazgo, en ese mes, de los más elevados índices de gónadas, y la aparición, en el verano y el otoño, de individuos que habían

concluído por completo su desove, parece propio concluir que el clímax del desove se efectúa a fines de invierno y en primavera, aunque probablemente el desove se opera durante todo el año.

Debe advertirse que el registro de numerosos especímenes "gastados" hacia fines del año y ninguno en los primeros meses, no es probablemente una buena representación de la verdadera situación. Es, pues, muy posible que la habilidad para encontrar y reconocer huevos remanentes en el ovario haya aumentado a medida que progresó el estudio.

Barrilete

Como se dijo anteriormente, en el Area I sólo se encontraron muy pocos barriletes mayores de 600 mm., y todos ellos con gónadas en un estado de maduración incipiente. El índice de gónada más alto que se registró fué 15, con el 95^{avo.} percentil a los 0.13 mm. de diámetro de huevos, o sea un valor correspondiente a individuos sexualmente no desarrollados. Realmente nuestros datos no proporcionan evidencia de que el barrilete desove en esta región.

En las Figuras 14 y 15 se han diagramado, con indicación de los meses de captura, los índices de gónadas de los barriletes encontrados en las Areas II y III. En las mismas figuras se indican también los peces con gónadas que tenían huevos maduros remanentes, que delatan un desove anterior. Igualmente se indican los índices medios de gónadas en cada mes. A diferencia de lo que ocurrió en el Area I, en la II se obtuvo un apreciable número de especímenes que tenían sus gónadas en avanzado estado de desarrollo, como lo indican sus índices de gónadas. Estos especímenes fueron relativamente numerosos en abril, setiembre, noviembre y diciembre y exhibieron índices altos muy especialmente durante los dos últimos meses citados. Desgraciadamente no se obtuvieron muestras en junio, julio y agosto, y tan sólo una insignificante en mayo. De estos datos se deduce que el barrilete desova en las inmediaciones de las Islas Revilla Gigedo, y que el desove parece ser más intenso en el verano y el otoño.

Aunque en cada uno de los meses del año se obtuvieron muestras considerables del Area III, frente a la América Central, solamente 5 ejemplares tuvieron índices de gónadas mayores de 20, correspondientes a huevos en maduración de unos 0.2 mm. de diámetro. El índice medio de gónadas es más alto de diciembre a marzo que durante el resto del año, y de julio a noviembre se pescaron especímenes que daban muestras de haber desovado. Es congruente con estos datos proponer la hipótesis de que el barrilete que se encuentra frente a la América Central desova principalmente en los primeros meses del año, aunque quizá no en la vecindad inmediata de la zona batida por las pesquerías comerciales.

Merece tomarse en cuenta que se dispone de muy poca evidencia de que, en las Areas I y III, el barrilete desova en la vecindad de las aguas en que medran las pesquerías, mientras que no parece haber duda de que lo

haga en las inmediaciones de las Islas Revilla Gigedo. Es difícil evitar la especulación de que esta especie avanza sobre mar abierto cuando tiene que desovar.

PROPORCIONES NUMERICAS ENTRE SEXOS

Como quiera que el sexo de los túnidos no puede ser determinado a base de caracteres anatómicos externos, fué necesario, como se dijo anteriormente, seleccionar los individuos de las muestras teniendo en cuenta solamente su tamaño. Después se abría la cavidad visceral para determinar el sexo. Aunque el estudio del desarrollo de las gónadas estuvo restringido únicamente a las hembras, se llevó un registro de la longitud total y del sexo de cada ejemplar examinado. Los individuos cuyo grado de desarrollo sexual correspondía al estado 1-S, en el cual no es posible determinar el sexo a base del examen macroscópico de las gónadas, fueron anotados por separado. Estos datos hacen posible examinar la proporción numérica que los sexos guardan entre si, por tamaños y por estaciones en las diferentes áreas geográficas bajo estudio.

Atún aleta amarilla

En las Tablas 2 y 3 se muestran, respectivamente, en la región próxima a Baja California (Areas I y II) y en la región frente a la América Central (Area III), el número de atunes aleta amarilla de las muestras, por trimestres y por cada diez centímetros de longitud total; el número de machos; el de hembras; y el de los de sexo sin determinar o estado 1-S. Las columnas encabezadas "% de Machos" contienen los porcentajes de pescados en el grupo correspondiente, cuyos miembros pudieron ser determinados como pertenecientes al sexo macho. Las columnas encabezadas "% de Indet.", contienen los porcentajes del *total de pescados* en el grupo correspondiente compuesto de individuos cuyo sexo no fué posible determinar.

En la Figura 16 se da la información referente a las proporciones numéricas entre los sexos, correspondientes a las Areas I y II. En el recuadro inferior de esta figura se presenta, para las muestras combinadas de todos los meses, el porcentaje de pescados de sexo determinado y no determinado, en cada una de las categorías de diez centímetros. En el recuadro superior se muestra el porcentaje de machos que existe en el grupo de pescados de sexo conocido.

La figura en cuestión pone de manifiesto que entre los especímenes más pequeños hay un elevado porcentaje de sexo no determinado, de los que se presume que nunca han desovado, y que dicho porcentaje decrece rápidamente a medida que aumenta el tamaño de los individuos, de tal modo que a los 70 cm. es posible identificar el sexo de casi todos los especímenes, aunque es cierto que se pueden hallar gónadas en el estado 1-S en pescados hasta de un metro de largo. En los especímenes más pequeños de sexo identificado, la proporción de machos es exigua pero aumenta acelerada-

TABLA 2. Proporciones entre los sexos en muestras de atún aleta amarilla de las Areas I y II.

Intervalo de clase de la longitud cm.	Enero-Marzo					Abril-Junio				
	Número de especímenes					Número de especímenes				
	Machos	Hem-bras	Indet.	% Machos	% Indet.	Machos	Hem-bras	Indet.	% Machos	% Indet.
40-49			1		100.0		1	3	0	75.0
50-59		1	5	0.	83.3	2	5	19	28.6	73.1
60-69	14	18	13	43.8	28.9	11	26	13	29.7	7.7
70-79	8	17	8	32.0	24.2	66	69	11	48.9	29.7
80-89	3	11	3	21.4	21.4	17	9		65.4	
90-99	10	17	8	37.0	22.9	13	14		48.1	
100-109	11	10		52.4		1	2		33.3	
110-119	9	4		68.5		5	12		29.4	
120-129		1		0		11	13		45.8	
130-139						2	4		33.3	
140-149	1			100.0		7	4		63.6	
150-159		1		0		5			100.0	
160-169						1			100.0	
Total	56	80	38	41.2	13.9	141	159	46	47.0	13.3
Julio-Setiembre					Octubre-Diciembre					
40-49			2		100.0					
50-59		10	20	0	66.7	2	5	18	27.6	72.0
60-69	7	14	11	33.3	33.3	7	17	15	29.2	38.5
70-79	44	67	27	39.6	19.6	12	17	3	41.4	9.4
80-89	52	56	14	48.1	11.5	24	40	16	37.5	20.0
90-99	3	10	2	23.1	15.4	19	19	7	50.0	15.6
100-109	2	7		22.2		21	17		55.3	
110-119	8	7		53.3		3	7		30.0	
120-129	3	4		42.9		7	17		29.2	
130-139						7	4		63.6	
140-149						2			100.0	
150-159						1			100.0	
160-169						1			100.0	
Total	119	175	76	40.5	20.5	106	143	59	42.6	19.2
Todos los meses										
40-49		1	6	0	85.7					
50-59	4	21	62	16.0	71.3					
60-69	39	75	52	34.2	31.3					
70-79	130	170	49	43.3	14.0					
80-89	96	116	33	45.3	13.5					
90-99	45	60	17	42.9	13.9					
100-109	35	36		49.3	0					
110-119	25	30		45.5						
120-129	21	35		37.5						
130-139	9	8		52.9						
140-149	10	4		71.4						
150-159	6	1		85.7						
160-169	2			100.0						
Total	422	557	219	43.1	18.3					

mente hasta que los ejemplares miden unos 70 cm. Desde este tamaño hasta unos 130 cm. la proporción de machos permanece estabilizada alrededor de 40%, pero luego, entre los ejemplares más grandes, el porcentaje de machos se eleva rápidamente.

TABLA 3. Proporciones entre los sexos en muestras de atún aleta amarilla del Area III.

Intervalo de clase de la longitud cm.	Enero-Marzo					Abril-Junio				
	Número de especímenes					Número de especímenes				
	Machos	Hem-bras	Indet.	%	%	Machos	Hem-bras	Indet.	%	%
40- 49		2	6	0	75.0			1		100.0
50- 59	37	61	45	37.8	31.5		8	4	0	33.3
60- 69	19	23	2	45.2	4.5	18	39	6	31.6	9.5
70- 79	26	13		66.7	0	40	53	8	43.0	7.2
80- 89	4	5		44.4		22	23		48.9	0
90- 99	7	3		70.0		15	16		48.4	
100-109	12	7		63.2		14	5		73.7	
110-119	5	3		62.5		1	8		11.1	
120-129	2			100.0		3			100.0	
130-139										
Total	112	117	53	48.9	18.8	113	152	19	42.6	6.7
	Julio-Setiembre					Octubre-Diciembre				
	Número de especímenes					Número de especímenes				
	Machos	Hem-bras	Indet.	%	%	Machos	Hem-bras	Indet.	%	%
40- 49			1		100.0			5		100.0
50- 59	1	11	18	8.3	60.0	6	28	30	17.6	46.9
60- 69	8	27	28	22.9	44.4	5	37	14	11.9	25.0
70- 79	22	33	10	40.0	15.4	23	32	11	41.8	16.7
80- 89	30	27	4	52.6	6.6	20	9	1	69.0	3.3
90- 99	27	33		45.0	0	11	5		68.8	0
100-109	23	17		57.5		15	13		53.6	0
110-119	3	1		75.0		8	12	1	40.0	4.8
120-129	2	1		66.7		10	3		76.9	0
130-139	1			100.0		1			100.0	
Total	117	150	61	43.8	18.6	99	139	62	41.6	20.7
	Todos los meses									
	Número de especímenes									
	Machos	Hem-bras	Indet.	%	%					
40- 49		2	13	0	86.7					
50- 59	44	108	97	28.9	39.0					
60- 69	50	126	50	28.4	22.1					
70- 79	111	131	29	45.9	10.7					
80- 89	76	64	5	54.3	3.4					
90- 99	60	57		51.3	0					
100-109	64	42		60.4	0					
110-119	17	24	1	41.5	2.4					
120-129	17	4		81.0	0					
130-139	2			100.0						
Total	441	558	195	44.1	16.3					

En la Figura 17 se presentan en forma gráfica datos equiparables para el Area III. Aquí se nota nuevamente que en los pescados más pequeños el porcentaje de los de sexo no conocido es grande, pero decrece rápidamente al aumentar el tamaño de los ejemplares, y por encima de unos 70 cm., prácticamente todos los individuos pueden ser identificados en cuanto al sexo. En el grupo de tamaños en que el sexo es de difícil determinación, el porcentaje de machos, entre aquellos cuyo sexo se logró determinar, es bajo; mientras que desde unos 70 cm. hasta más o menos los 120 cm., el porcentaje de machos permanece bastante estable, o tal vez aumenta lentamente en función del tamaño de los individuos. Por encima de los 120 cm. el número de machos aumenta rápidamente.

Es bastante probable que el reducido porcentaje de machos entre los individuos más pequeños obedezca al hecho de que los ovarios de los peces no maduros son más fáciles de determinar que los testículos, de modo que la mayor parte de aquellos de sexo no determinado son en realidad machos. De ser esto así, parece que la proporción numérica entre los sexos, en el atún aleta amarilla, permanece, en promedio, constante hasta que los individuos miden alrededor de 120 cm., aumentando el porcentaje de machos cuando los ejemplares exceden esta longitud.

El examen de las Tablas 2 y 3 revela que esta misma composición de las proporciones numéricas entre los sexos y el tamaño de los peces se mantiene en pie durante los cuatro trimestres del año, y que la razón numérica media entre sexos del total de las muestras no varía significativamente con las diferentes estaciones.

El aumento del porcentaje de machos que miden más de 120 cm. de longitud está en armonía con las observaciones hechas por Murphy y Shomura (1955a, 1955b) en atunes aleta amarilla pescados con palangre en

TABLA 4. Proporciones entre los sexos en muestras de barrilete de las Areas I y II.

Intervalo de clase de la longitud cm.	Enero-Marzo					Abril-Junio				
	Número de especímenes					Número de especímenes				
	Machos	Hem-bras	Indet.	% Machos	% Indet.	Machos	Hem-bras	Indet.	% Machos	% Indet.
40- 44		7	1	0	12.5	2	8	5	20.0	33.3
45- 49		2	7	33.3	70.0	5	15	14	25.0	41.2
50- 54	1	18	6	21.7	20.7	18	44	23	29.0	27.1
55- 59	5	36	9	39.0	13.2	22	34	3	39.3	5.1
60- 64	23	10	1	37.5	6.3	21	25	1	45.7	2.2
65- 69	6					18	21		46.2	0
70- 74										
Total	35	73	24	32.4	18.2	86	147	46	36.9	16.5
	Julio-Setiembre					Octubre-Diciembre				
	Número de especímenes					Número de especímenes				
	Machos	Hem-bras	Indet.	% Machos	% Indet.	Machos	Hem-bras	Indet.	% Machos	% Indet.
40- 44		4	10	0	71.4	1	4	6	20.0	54.5
45- 49	6	29	14	17.1	28.6	1	11	17	8.3	58.6
50- 54	49	79	39	38.3	23.4	7	45	28	13.5	35.0
55- 59	41	46	13	47.1	13.0	27	33	17	45.0	22.1
60- 64	4	5		44.4	0	30	44	4	40.5	5.1
65- 69						2	7		22.2	0
70- 74		1		0						
Total	100	164	76	37.9	22.4	68	144	72	32.1	25.4
	Todos los meses									
	Número de especímenes									
	Machos	Hem-bras	Indet.	% Machos	% Indet.					
40- 44	3	16	21	15.8	52.5					
45- 49	12	62	46	16.2	38.3					
50- 54	75	170	97	30.6	28.4					
55- 59	95	131	39	42.0	14.7					
60- 64	78	110	14	41.5	6.9					
65- 69	26	38	1	38.2	1.5					
70- 74		1		0	0					
Total	289	528	218	35.4	21.1					

varias partes del Pacífico ecuatorial situadas al oeste de la región estudiada por nosotros. Estos investigadores encontraron que los dos sexos participaban en igual proporción en las muestras procedentes del Pacífico Occidental hasta unos 122 cm., pero sobrepasada esta medida predominaban los machos. En el Pacífico Central hasta los 120° longitud W., el tamaño al cual los machos comienzan a predominar era algo mayor.

Este predominio de machos en los tamaños grandes puede ser el resultado de un ritmo de crecimiento diferencial, o de una proporción diferencial en la mortalidad, o, simplemente, la consecuencia de hábitos diferenciales que tengan conexión con el sexo y que hacen que los machos más grandes sean pescados con más facilidad que las hembras de tamaño comparable. No se dispone en la actualidad de conocimientos que permitan pronunciarse en favor de una u otra de estas posibilidades.

Barrilete

En las Tablas 4 y 5 se ha tabulado en relación con las Areas I y II y con el Area III, respectivamente, el número de barriletes de cada sexo presentes en nuestras muestras, en intervalos de clases de cinco centímetros,

TABLA 5. Proporciones entre los sexos en muestras de barriletes del Area III.

Intervalo de clase de la longitud cm.	Enero-Marzo					Abril-Junio				
	Número de especímenes					Número de especímenes				
	Machos	Hem- bras	Indet.	% Machos	% Indet.	Machos	Hem- bras	Indet.	% Machos	% Indet.
40- 44	1	2	1	33.3	25.0			5		100.0
45- 49	13	16	13	44.8	31.0	4	9	22	30.8	62.9
50- 54	38	47	7	44.7	7.6	23	50	19	31.5	20.7
55- 59	15	32		31.9	0	60	61	5	49.6	4.0
60- 64	29	28		50.9		21	30		41.2	0
65- 69	2	3		40.0						
Total	98	128	21	43.4	8.5	108	150	51	41.9	16.5
Intervalo de clase de la longitud cm.	Julio-Setiembre					Octubre-Diciembre				
	Número de especímenes					Número de especímenes				
	Machos	Hem- bras	Indet.	% Machos	% Indet.	Machos	Hem- bras	Indet.	% Machos	% Indet.
40- 44										
45- 49		1		0	0			1		100.0
50- 54	9	32	18	22.0	31.6	9	21	7	30.0	18.9
55- 59	52	86	38	37.7	21.6	47	62	12	43.1	9.2
60- 64	27	29	2	48.2	3.4	69	67		50.7	0
65- 69		2		0		1			100.0	
Total	88	150	58	37.0	19.6	126	150	20	45.7	6.8
Intervalo de clase de la longitud cm.	Todos los meses									
	Número de especímenes									
	Machos	Hem- bras	Indet.	% Machos	% Indet.					
40- 44	1	2	8	33.3	72.7					
45- 49	17	26	23	39.5	34.8					
50- 54	79	150	51	34.5	18.2					
55- 59	174	241	55	41.9	11.7					
60- 64	146	154	2	48.7	0.7					
65- 69	3	5		37.5	0					
Total	420	578	139	42.1	12.2					

tanto en cada trimestre del año como en todos los meses tomados en conjunto. Como en el caso anterior, los especímenes con gónadas en el estado 1-S, en los cuales no es posible determinar el sexo, se registran por separado. En las columnas correspondientes de estas tablas, se indican los porcentajes de todos los especímenes de sexo no identificado, y los porcentajes de machos presentes entre los individuos de sexo conocido, tal como se hizo en las tabulaciones anteriores correspondientes al atún aleta amarilla.

En el recuadro inferior de la Figura 18 se marcan, en cuanto a los barriletes de las Areas I y II, los porcentajes de los pescados de todas las muestras, dentro de cada grupo de tamaño cuyo sexo pudo ser determinado, así como los porcentajes de los especímenes de sexo desconocido. En el recuadro superior de esta misma figura se indica el porcentaje de machos entre los individuos de sexo conocido. En la Figura 19 se consignan gráficamente los datos similares correspondientes al Area III.

De la Figura 18 se desprende que entre los individuos pertenecientes a las categorías de tamaño más pequeño, en las cuales la proporción de especímenes de sexo inidentificable es alta, el porcentaje de machos es bajo entre los ejemplares de sexo conocido. Sin embargo, en la mayor parte de los ejemplares mayores de unos 55 cm., se logró identificar el sexo, siendo el porcentaje promedio de machos de más o menos 40%, sin que al parecer la proporción numérica entre los sexos cambie a medida que los individuos aumentan en tamaño.

En la Figura 19 se incluyen datos similares referentes a barriletes del Area III. En este caso, en los grupos compuestos de individuos de menor tamaño y con elevado porcentaje de especímenes de sexo inidentificable, el porcentaje de machos entre los individuos cuyo sexo se logró determinar es tan sólo un poco menor que en las categorías de tamaño mayor. El porcentaje de machos correspondiente a la suma de las muestras de todos los meses y para todos los tamaños-clases, se aproxima a un 40%. Si el bajo porcentaje de machos entre los barriletes de menor tamaño provenientes de las Areas I y II se ha de explicar suponiendo que las hembras sin maduración alguna son más fáciles de identificar que los machos en igual condición—lo cual parece razonable—resulta entonces difícil explicar la falta de un bajo porcentaje de machos entre los tamaños más pequeños obtenidos en el Area III. Sin embargo, la Tabla 5 permite ver que del Area III sólo se dispone de un total de 11 especímenes en la categoría 40-44 centímetros, y de 66 en la de 45-49 centímetros, de modo que bien podría ser que la discrepancia de datos entre las dos regiones geográficas sea debida únicamente a la variación fortuita inherente a los muestreos indiscriminados.

Sea como fuera, no parece haber evidencia de que en el barrilete cambie, con el tamaño de los individuos, la proporción numérica entre los sexos de los especímenes obtenidos en una u otra región, como ciertamente ocurre en el caso del atún aleta amarilla.

LITERATURE CITED—BIBLIOGRAFIA CITADA

- Brock, V. E.
 1954 Some aspects of the biology of the Aku, *Katsuwonus pelamis*, in the Hawaiian Islands.
 Pacific Science, (Jan. 1954), Vol. 8, No. 1, pp. 94-104.
- June, F. C.
 1953 Spawning of yellowfin tuna in Hawaiian waters.
 U. S. Fish and Wildlife Service, Fish. Bull., Vol. 54, pp. 47-64.
- Kikawa, Shoji
 1953 Observations on the spawning of the bigeye tuna (*Parathunnus mebachii* Kishinouye) near the Southern Marshall Islands.
 Nankai Regional Fisheries Research Lab., Contribution No. 24, (July 1953)
- Marr, J. C.
 1948 Observations on the spawning of oceanic skipjack (*Katsuwonus pelamis*) and yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) in the Northern Marshall Islands.
 U. S. Fish and Wildlife Service, Fish. Bull., Vol. 51, pp. 201-206.
- Marr, J. C. and M. B. Schaefer
 1949 Definitions of body dimensions used in describing tunas.
 U. S. Fish and Wildlife Service, Fish. Bull., Vol. 51, pp. 241-244.
- Matsui, Kizo
 1942 On the gonads of skipjack from Palau waters.
 Kagaku Nanyo (South Sea Science), Vol. 5, No. 1, pp. 117-122.
- Mead, G. W.
 1951 Postlarval *Neothunnus macropterus*, *Auxis thazard* and *Euthynnus lineatus* from the Pacific Coast of Central America.
 U. S. Fish and Wildlife Service, Fish. Bull., Vol. 52, pp. 121-127.
- Murphy, G. I. and R. S. Shomura
 1955a Longline fishing for deep-swimming tunas in the Central Pacific, August-November 1952.
 U. S. Fish and Wildlife Service, Spec. Sci. Rept., Fisheries, No. 137, pp. 1-41.
 1955b Longline fishing for deep-swimming tunas in the Central Pacific, 1953.
 U. S. Fish and Wildlife Service, Spec. Sci. Rept., Fisheries, No. 157, pp. 1-70.
- Pacific Oceanic Fishery Investigations
 1953 Resumé for tuna industry advisory committee meeting San Diego, California, 6-7 April 1953.
 U. S. Fish and Wildlife Service, Pacific Oceanic Fishery Investigations, Honolulu, 1953.

Schaefer, M. B.

- 1948 Spawning of Pacific tunas and its implications to the welfare of the Pacific tuna fisheries.

Trans. 13th North American Wildlife Conference, pp. 365-371.

Schaefer, M. B. and J. C. Marr

- 1948 Spawning of yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*) and skipjack (*Katsuwonus pelamis*) in the Pacific Ocean off Central America, with descriptions of juveniles.

U. S. Fish and Wildlife Service, Fish. Bull., Vol. 51, pp. 187-196. No. 44,

Shimada, B. M.

- 1951a Contributions to the biology of tunas from the Western Equatorial Pacific.

U. S. Fish and Wildlife Service, Fish. Bull., Vol. 52, pp. 111-119. No. 64, No. 62,

- 1951b Juvenile oceanic skipjack from the Phoenix Islands.

U. S. Fish and Wildlife Service, Fish. Bull., Vol. 52, pp. 129-131.

Simpson, A. C.

- 1951 Fecundity of the Plaice.

Ministry of Agriculture and Fisheries (Great Britain)

Fishery Investigations, Series 2, Vol. 17, No. 5, pp. 1-27. No. 64,

Wade, C. B.

- 1950 Observations on the spawning of Philippine tuna.

U. S. Fish and Wildlife Service, Fish. Bull., Vol. 51, pp. 407-423. 409

- 1951 Larvae of tuna and tuna-like fishes from Philippine waters.

U. S. Fish and Wildlife Service, Fish. Bull., Vol. 51, pp. 445-485. No. 57,

Yuen, H. S. H.

- 1955 Maturity and fecundity of bigeye tuna in the Pacific.

U. S. Fish and Wildlife Service, Spec. Sci. Rept., Fisheries, No. 150, pp. 1-30.

